

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

LIBEREC 2010

ANDREA ŠULCOVÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ



Studijní program: B3107 Textil
Studijní obor: 3107R007 Textilní marketing

**STANOVENÍ ODOLNOSTI VYBRANÝCH MATERIÁLŮ
PROTI MECHANICKÉMU RIZIKU**

**RESISTANCE OF SELECTED MATERIALS AGAINST
MECHANICAL RISKS**

Andrea Šulcová

Vedoucí práce: Ing. Ondřej Novák

Rozsah práce:

Počet stran textu: 57

Počet obrázků: 12

Počet tabulek: 9

Počet grafů: 17

Zadání bakalářské práce
(vložit originál)

P r o h l á š e n í

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním bakalářské práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, dne 21.12.2010

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ:

Mé poděkování patří Ing. Ondřeji Novákovi za ochotu pomoci a za trpělivost, kterou se mnou při tvorbě bakalářské práce měl.

ANOTACE

Tato práce je zaměřena na odolnost textilních materiálů proti mechanickým rizikům, zejména pak proti propichu. Tyto měřené textilní materiály se používají pro výrobu zásahových rukavic. V úvodu je provedena rešerše materiálů, které jsou podrobeny zkoušení, dále jsou popsány vlastnosti z teoretického pohledu a na jejich základě je proveden experiment, který řeší odolnost proti propichu normovanou jehlou a injekční jehlou. Výsledkem je souhrnná databáze zjištěných vlastností, která umožňuje návrh vhodné skladby materiálů pro výrobu rukavic dle požadovaných vlastností.

KLÍČOVÁ SLOVA:

ochranná rukavice, mechanické namáhání, mechanická rizika, odolnost proti propíchnutí, normovaná jehla, injekční jehla, pevnost materiálu

ANNOTATION

This bachelor thesis is focused on resistance of selected materials against mechanical risks, particularly against perforation. These textile materials are used especially for the safety gloves production. The first part of my work deals with background research of different materials and their technical characteristics. Also, several experiments have been made, especially with the focus on standardize needle and injection needle perforation. The final part of my work describes experiment results in the form of database with different materials. This database can be used for selection of different materials' structure reflecting required characteristics of safety gloves.

KEY WORDS:

protective glove, mechanical stress, mechanical risks, resistance against perforation, standardize needle, injection needle, material strength

Seznam použitých zkratk a symbolů:

PES - polyester

PBI - polybenzimidazol

PAN - polyakrylnitril

PTFE - polytetrafluorethylén

PBO - polyfenylenbenzobisoxazol

PVC - polyvinylchlorid

ČSN - Česká technická norma

ISO - International Organization for Standardization

EN - Evropská norma

CAD - Computer Aided Design

USA - United States of America

OPP - Ochranné pracovní pomůcky

LOI - Limiting Oxygen Index

$^{\circ}\text{C}$ - stupeň Celsia

μm - mikrometr

m - metr

N - newton

S [m^2] - plocha průřezu

d [m] - průměr vlákna

T [tex] - jemnost

σ [Pa] - napětí

f [N.tex-1] - relativní síla

Ti [N] - třecí síla

Ni, Fi [N] - pevnost

Pa - pascal

Obsah

1.	Rukavice a jejich funkce	9
1.1	Základní dělení rukavic	9
1.2	Kategorie OPP – Ochranné pracovní prostředky	10
1.3	Mechanická rizika posuzovaná u ochranných rukavic dle ČSN EN 388.....	11
1.4	Holík International s.r.o.	12
2.	Zkoušené materiály	13
3.	Mechanické vlastnosti textilních vláken	19
4.	TEORETICKÁ ČÁST	21
4.1	Parametry materiálů pro výrobu ochranných rukavic	21
4.2	Fyziologické vlastnosti lidského organismu	21
4.3	Požadavky na vrstvení materiálu do sendviče rukavic:	22
4.4	Návrh materiálů vhodných pro výrobu ochranných rukavic.....	23
4.5	Působení sil při průpichu vláken a faktory, které mohou ovlivňovat jejich velikost.....	24
5.	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	27
5.1	Hlavní komponenty pro měření zkoušky propichu	27
5.2	Aplikovaná metoda zkoušení	28
5.3	Úroveň (třída) provedení.....	29
5.4	Vyhodnocení výsledků naměřených materiálů	31
5.4.1	Měření odolnosti průpichu normovanou ocelovou jehlou	31
5.4.2	Měření odolnosti průpichu injekční jehlou	41
	Diskuze:	45
5.5	Vliv počtu vrstev na hodnotu síly průpichu	45
5.6	Měření hodnoty průhybu.....	48
6.	Závěr	51
7.	Seznam použitých zdrojů	55

Úvod

Cílem této bakalářské práce je experimentálně ověřit odolnost vybraných materiálů, používaných pro výrobu ochranných rukavic proti mechanickému namáhání. Vzorky materiálů byly poskytnuty společností Holík International s.r.o. Po vyhodnocení se vybrané materiály s ohledem na jejich vlastnosti a výsledky zkoušení použijí pro výrobu ochranných rukavic.

Ochranné rukavice jsou v praxi používány speciálními zásahovými jednotkami, jako jsou hasiči, policie nebo záchranáři. Je proto potřeba brát v úvahu, že materiály podléhají extrémním podmínkám a jsou na ně kladeny vysoké požadavky. S ohledem na rizika, kterým jsou ochranné rukavice vystaveny, podléhají výrobky a výrobní postupy technickým normám.

První část této práce je zaměřena na vlastnosti materiálů, na kterých se zkouší propichovacími hroty a je blíže popsán princip mechanického namáhání textilie.

V teoretické části jsou uvedeny požadavky na vlastnosti materiálů pro výrobu ochranných rukavic s ohledem na možná rizika a jsou zde popsány vlivy působící na propichovací jehlou.

Experimentální část spočívá ve stanovení odolnosti materiálů proti propíchnutí normovanou ocelovou jehlou. Materiály jsou navíc podrobeny i zkoušení propichu injekční jehlou, které není dosud normováno. U všech materiálů se zkouší propich v jedné vrstvě, přičemž se sleduje pevnost materiálu. Na dalších vzorcích materiálů se postupně zkouší propich ve třech vrstvách a to propíchnutím 1,2 a 3 vrstev a zkoumá se vliv tloušťky vrstvy na výslednou pevnost skladby materiálu. Zkoušení probíhá na přístroji Labortech, z něhož jsou získané hodnoty vhodně uspořádány do databáze a po vyhodnocení využity pro stanovení vhodných skladeb materiálů do sendviče rukavic. V závislosti na použitých materiálech a jejich vlastnostech je možné navrhnout účinnou skladbu materiálů, která bude splňovat ty nejnáročnější kritéria.

1. Rukavice a jejich funkce

Historie rukavic spadá až do starověku, nosili je muži i ženy. Vyznačovaly se odděleným palcem. Později ve středověku se lišily i podle účelu, pro který byly zhotoveny (lovecké, cestovní, bojové). V té době změnily i tvar a poskytovaly tak každému prstu samostatnou ochranu a nebyl tak omezován pohyb prstů. Často byly především ozdobou oděvů. Slavnostní rukavice mocných byly zdobené perlami a drahými kameny. Rukavice měly i symbolický charakter jako důkaz a vůle suveréna, jako záruka dodržení smlouvy, apod.

V dnešní době jsou rukavice především prvkem osobní ochrany, který slouží nejen k ochraně rukou, ale i části rukou, předloktí nebo paže proti nepřízní počasí nebo hrozícímu nebezpečí. Jsou vytvořeny tak, aby chránily ruce proti různým rizikům, jako jsou například mechanická zranění, chlad a žár. Vyžadují optimální střih, dobrou odolnost proti protržení, propíchnutí a oděru. Ochranné vlastnosti jsou u pracovních rukavic určovány především materiálem, ze kterého jsou vyrobeny. Důležitá je ale také jejich konstrukce. Rukavice jsou vyrobeny jako jednovrstvé nebo vícevrstvé. Jejich nevhodné složení může způsobit zranění, proto jsou na ně kladeny specifické požadavky. Snahou tedy je, vyvíjet výrobky s takovými parametry, aby výsledný produkt splňoval svou funkci, měl co nejlepší výsledné vlastnosti, odpovídal technickým předpisům a nebyl zdraví závadný.

1.1 Základní dělení rukavic

Rukavice se mohou rozdělit do několika skupin dle materiálového složení, účelu použití a konstrukce provedení.

Rozdělení podle účelu použití:

- zimní pro ochranu před nepřízní počasí
- společenské rukavice (svatební, doplněk k šatům)
- sportovní rukavice (cyklistické, potápěčské, horolezecké, boxerské, fitness,...)
- pracovní ochranné rukavice a rukavice pro profesionální použití: (jednorázové, univerzální, pro úklid, potravinářské, stavební, zemědělské, svářečské, pro zdravotníky, pro hasiče, pro armádu, pro záchranáře,...)

Rozdělení podle materiálového složení:

- celokožené
- textilní (z přírodního nebo chemického vlákna)
- kombinované (textilní a kožené)
- gumové (hl.materiál latex z přírodního kaučuku)
- plastové (máčené PVC popř. v kombinaci s podšívkou)
- azbestové (osinková vlákna)

Rozdělení podle konstrukce:

- víceprsté
- palcové
- dlaňovité
- jednovrstvé
- vícevrstvé

1.2 Kategorie OPP – Ochranné pracovní prostředky

Ochranné rukavice a rukavice pro profesionální použití představují osobní ochranný prostředek (OPP), chrání ruku nebo její část před různými druhy nebezpečí. Před výběrem jakéhokoli OPP musí být provedeno základní vyhodnocení pro identifikaci a ohodnocení stupně rizika. Stanovením odpovídající kategorie (třídy) může být zajištěna nejvyšší ochrana.

Kategorie I: Osobní ochranné prostředky jednoduché konstrukce proti nízkým a rozpoznatelným rizikům

Týká se rukavic nabízejících ochranu proti nízkým stupňům rizika, např. rukavice pro úklidové a údržbářské práce. V tomto případě mají výrobci povoleno testovat a certifikovat tyto rukavice sami.

Kategorie II: Osobní ochranné prostředky, které svým charakterem nevyhovují kategorii I a III

Rukavice jsou navrženy tak, aby chránily proti střednímu riziku, tj. slouží pro běžnou manipulaci, vyžadují dobrý střih, dobrou odolnost proti protržení, propíchnutí a oděru a

musí být předloženy k nezávislému testování a certifikaci, které může provádět pouze úředně pověřený orgán.

Kategorie III: Osobní ochranné prostředky určené k ochraně proti obtížně rozpoznatelným rizikům, které mohou vážně a nevratně poškodit zdraví nebo způsobit smrt

Rukavice jsou navrženy tak, aby byly schopny chránit proti nejvyššímu stupni rizika, např. chemickým látkám. Musí být rovněž testovány a certifikovány úředně oznámeným orgánem. Kromě toho je výrobce povinen používat systém zajišťování kvality, který je zárukou rovnoměrné kvality výroby. [8]

1.3 Mechanická rizika posuzovaná u ochranných rukavic dle ČSN EN 388

Pracovní rukavice jsou předmětem osobního ochranného vybavení, které chrání ruce nebo jejich části před riziky a musí poskytovat nejvyšší možnou úroveň ochrany v předpokládaných podmínkách konečného užití.

Ochranné rukavice proti mechanickému riziku musí vyhovovat všem všeobecným požadavkům na rukavice podle EN 420 (Ochranné rukavice), která definuje obecné požadavky na design a celkové provedení pracovních rukavic, jejich nezávadnost, pohodlnost a efektivnost. Značení a informace se vztahují na všechny ochranné pracovní rukavice. Tuto normu lze rovněž aplikovat na chrániče paží.

Protože je práce zaměřená na mechanické riziko propíchnutí tenkými hroty (viz. obrázek č. 1), musí být ochranné rukavice zkoušeny podle příslušného článku ČSN EN 388 (Ochrana proti mechanickému riziku). Norma ČSN EN 388 se vztahuje na veškeré typy ochranných rukavic týkající se fyzického a mechanického poškození způsobeného oděrem, protržením, prořezáním a propíchnutím.

Definice: Ochranná rukavice proti mechanickému riziku je rukavice, která poskytuje ochranu proti alespoň jednomu z následujících mechanických rizik:

- a. Odolnost proti oděru (založena na počtu cyklů, které je zapotřebí k prodření vzorku rukavice)

- b. Odolnost proti prořezání (založena na počtu cyklů, které je zapotřebí k prořezání skrz vzorek při konstantní rychlosti)
- c. Odolnost proti protržení (založena na množství síly potřebné k protržení vzorku)
- d. Odolnost proti propíchnutí (je založena na množství síly potřebné k propíchnutí vzorku bodcem o standardizované velikosti) [2]

1.4 Holík International s.r.o.

Společnost Holík International s.r.o. působí na českém trhu od roku 1993 a od samotného vzniku se specializuje na ochranu rukou při práci a později také při zásazích bezpečnostních složek. Časem se její sortiment rozrůstá o výrobu hasičských zásahových rukavic a speciálních rukavic určených pro armádu a policejní složky.

Společnost Holík International s.r.o. pokrývá 90% českého trhu s hasičskými rukavicemi a zásobuje svými produkty Armádu a Policii České a Slovenské republiky. V současnosti vyváží své výrobky do 25 zemí světa, vč. východní Asie a Ruska.

Vývoj a konstrukce rukavic probíhá pomocí softwaru CAD (Computer Aided Design). Jedná se o počítačové projektování. Používaný software byl speciálně vyvinut a vytvořen tak, aby při konstrukci rukavic byly dodržovány principy anatomie lidského těla a určitých pevně daných pravidel lidské ruky.

Veškeré produkty společnosti Holík International s.r.o. jsou podrobeny rozsáhlému testování a vlastní požadované certifikáty dle evropských norem, jako např. získaný certifikát jakosti ISO 9001:2009 a životního prostředí 14001:2005.

V minulém roce získala společnost Holík International s.r.o. ocenění na veletrhu FIRECO 2009 v Trenčíně za výrobek – zásahová rukavice Angel. [5]



Obrázek č. 1 Rukavice odolná proti průpichu ocelové jehly

2. Zkoušené materiály

Ochranné vlastnosti u rukavic jsou především určovány materiálem, z kterého jsou vyrobeny. Mohou být vyrobeny z různých druhů materiálů, např. usně, textilu, plastu, kombinací těchto materiálů nebo také z kovového materiálu (pleteniny). Tato kapitola je zaměřena na definice a vlastnosti materiálů, které byly zaslány k otestování. Jedná se o materiály, na kterých se zkouší propich jehlou.

Kůže:

Kůže tvoří přirozený obal těla obratlovce a chrání ho před vnějšími vlivy (zima, vlhko,...). Umožňuje dýchání a zprostředkovává styk s okolím. Pro tyto vlastnosti byla kůže již od pravěku používána jako ochranný oděv člověka. Kůže je přírodní materiál, který je vhodný pro alergiky a dobře se udržuje, neumožňuje přijímání prachu a jiných nečistot přes její povrch do vnitřní části oděvu, snadněji se udržuje nechemickou cestou, má velice dobrou mechanickou odolnost a tím i delší životnost. Používá se proto nejen k výrobě oděvů, ale i k výrobě obuvi, rukavic, kožené galanterie, nábytku atd. [4]

Hovězina

Hovězina je kůže z dospělého tura domácího. Je to nejběžnější druh kůže pro všechny kožedělné druhovýroby. Je plná, vlákna jsou hustě propletená, většina plochy je jadrná. Váží cca 15 až 50 kg.

- *Hovězinová lícovka:* je tvořena vrchní lícovou vrstvou usně, vyznačuje se dobrou odolností proti oděru, roztržení a protržení, je pružná a obratná. (Lícování kůže je vtlačování umělé kresby do líce usní pomocí žehlících strojů nebo dezénovacích válců).
- *Hovězinová štípenka:* vyznačuje se vynikající odolností proti oděru a nízkou cenou. (Štípání kůže je technologická operace, která se provádí za účelem egalizace tloušťky. Je nutná především proto, že zvířecí kůže má ve své ploše nestejnou tloušťku. Výhodou štípání je zlevnění a zkvalitnění činění, poměrně rychlá úprava tloušťky a dobré zhodnocení suroviny. Nevýhoda může být v tom, že odpadá štípenka může být kouskovitá a nedá se dále použít. Ve všech případech štípání snižuje pevnost usně v tahu a štípané materiály nejsou vhodné na všechny druhy následných výrob. [4]

Kozina:

Kozina je kůže z kozy domácí. Vlákná jsou poměrně hustě propletena. Kůže se zpracovává chromočiněním. Váží cca 1kg. Používá se na usně. Kůže z mláďat se používá i na kožešiny. Domácí kozlečiny a koziny patří k jednomu z nejkvalitnějších druhů vhodných pro zpracování na rukavičkářskou useň - vynikají jemností, tažností a vysokou pevností líce v tahu. [4]

Aramidová vlákna:

Od ostatních syntetických organických vláken se liší vysokým Youngovým modulem v tahu, vyšší tepelnou odolností – dlouhodobě 200-300 °C a většinou vysokou pevností. Vyrábějí se asi 20 let a nyní je známo mnoho typů. Na rozdíl od skleněných a jiných anorganických vláken jsou aramidová vlákna dobře zpracovatelná běžnými textilními postupy. Používají se např. k výrobě kompozitů, filtrů pro horký vzduch, nehořlavých potahů, technických tkanin, lan i ochranných oděvů. [5]

Obchodní názvy aramidů: KEVLAR (USA), NOMEX(USA), TWARON (HOL)

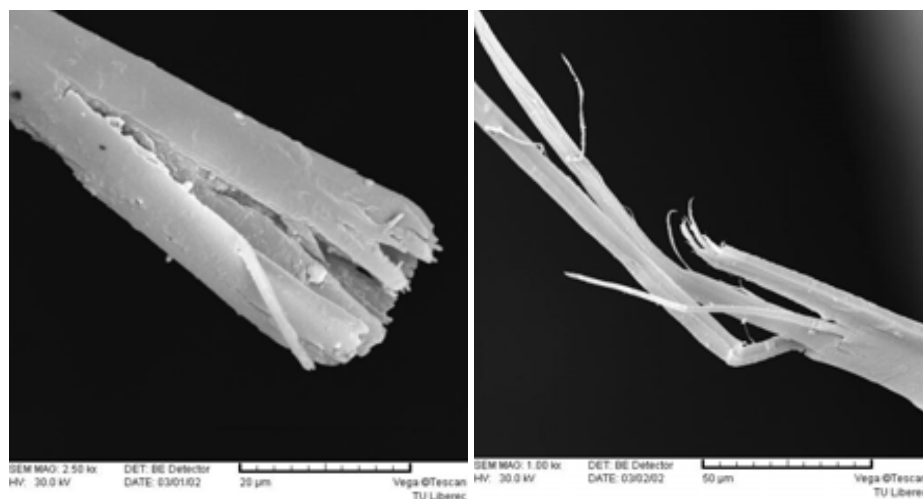
M-aramidy (meta-aramidová vlákna)

Jedná se o speciální vlákno skupiny meta-aromatických polyamidů. Zástupcem těchto polyamidů je materiál **Nomex**. Jedná se o aromatický nylon, meta variantu para-aramidu Kevlaru. Vlákná značky Nomex jsou rozšířena především díky dobré tepelné odolnosti, elektrické izolační schopnosti a pevnosti současně. Mají až 3x větší mechanickou odolnost než bavlna, vysokou odolnost proti otěru, excelentní odolnost proti plísním, významně vyšší dlouhodobou tepelnou odolnost v porovnání s Kevlarem. Nevzněcují se, neodkapávají, netaví se, a proto také našla velké uplatnění ve výrobě ochranných oděvů proti ohni. Při zvýšených teplotách udržují delší dobu mechanickou pevnost. Odolávají teplotám až do 400°C. Další nehořlavé vlákno této skupiny je **Kermel** charakteristické svou pružností, Materiál obsahuje antistatické vlákno P 140 (karbonové vlákno) s uhlíkovým jádrem nebo kovové vlákna. Jádro zajišťuje bezpečnost v provozu a pomáhá odstranit i nepříjemné elektrostatické jiskření oděvů (jsou často spojovány s umělými vlákny). Jsou dodávány v různých úpravách: antistatické, vodivé, ve směsích (s jinými odolnými vlákny). Kermel má velmi vysokou odolnost vůči oděru (dobré na údržbu) a teplotní vodivost dvakrát nižší než jakékoliv aramidové vlákno. Vyniká odolností vůči chemikáliím a je nehořlavé. Proto je také

používán na výrobu ohnivzdorných oděvů, které přicházejí do přímého kontaktu s pokožkou. [3]

P-aramidy (para-aramidová vlákna)

Vlákna značky DuPont - **Kevlar** (Twaron nebo Technora) mají dobře orientovanou tuhoun molekulární strukturu, z čehož plyne, že jsou to vlákna vysoce pevná a tepelně odolná. Aramidová vazba dává Kevlaru termální stabilitu, zatímco para struktury přidávají pevnost. Provozní/pracovní teploty mají p-aramidy podobné m-aramidovým vláknům, ale oproti nim jsou pevnější v tahu. Proto jsou využívány k vyztužování konstrukcí a k ochranné aplikaci. Para-aramidová vlákna se často směsují s jinými vlákny pro získání ještě větší pevnosti. Např. směs Kevlar/PBI. Nejenže se tím sníží náklady na výrobu, ale navíc se smícháním zlepší pevnost celého materiálu. Kevlar se nejprve začal využívat jako náhrada za ocel pro výztuhy pneumatik, později v oděvnictví jako například ochranný oblek proti nášlapným minám, jako sportovní oblečení nebo boty a rukavice, které velmi dobře odolávají průřezům (až 5x víc než bavlněné rukavice). Nevýhodou těchto materiálů je nižší chemická odolnost a oděruvzdornost nebo snadné nabíjení statickou elektřinou. [3]



Obrázek č. 2 Schéma štěpení vlákna Kevlar a Nomex

PBI vlákna (polybenzimidazol)

PBI jsou organická vlákna s vynikající tepelnou odolností a jsou příjemná na omak. Vlákna jsou poměrně málo krystalická. Komerční vlákno má především vynikající termickou stabilitu. Při tepelném rozkladu se uvolňuje pouze malé množství kouře a plynů. Vlákna odolávají působení kyselin i alkálií za studena i za horka. Používají se také jako prepolymery pro uhlíková vlákna a náhrada asbestu. Dobře se míchají s jinými vlákny, např. s uhlíkovými nebo aramidovými, ke kterým tak přidává své dobré vlastnosti. PBI lze bez problémů zpracovat běžnými textilními technikami (předení, tkaní atd.). Díky praktické nehořlavosti (LOI=32) se používá pro ochranné oděvy. Používají se především do speciálních ochranných oděvů pro požárníky, svářeče, piloty, kosmonauty, závodní jezdce apod. Nevýhodou jsou nízké stálosti vůči UV záření. [3]

Vylen:

Vylen se vyrábí z vysokolehčeného síťovaného polyethylenu (polyethylen je termoplast, který vzniká polymerací ethenu). Jedná se o polotuhou lehčenou plastickou hmotu s dobrými fyzikálně - chemickými a tepelně izolačními vlastnostmi. Výhodou je, že je nenasákavý, snadno omyvatelný. Je pružný a pevný a má tlumící schopnosti. Vylen vyniká dlouhou životností a vynikající chemickou odolností (odolává působení olejů, vod, roztoků solí, zásad a kyselin - pokud nemají oxidační účinky, méně odolává alifatickým, aromatickým a chlorovaným uhlovodíkům jako je například Toluén, Trichloretylen apod.). Aplikace materiálu je vhodná pro zdravotní pomůcky, hygienické podložky, vycpávky a výztuže sportovních chráničů, víceúčelová sedačka pro každé období, montážní a izolační podložka pro automobilisty, a další. [9]

Superfabric:

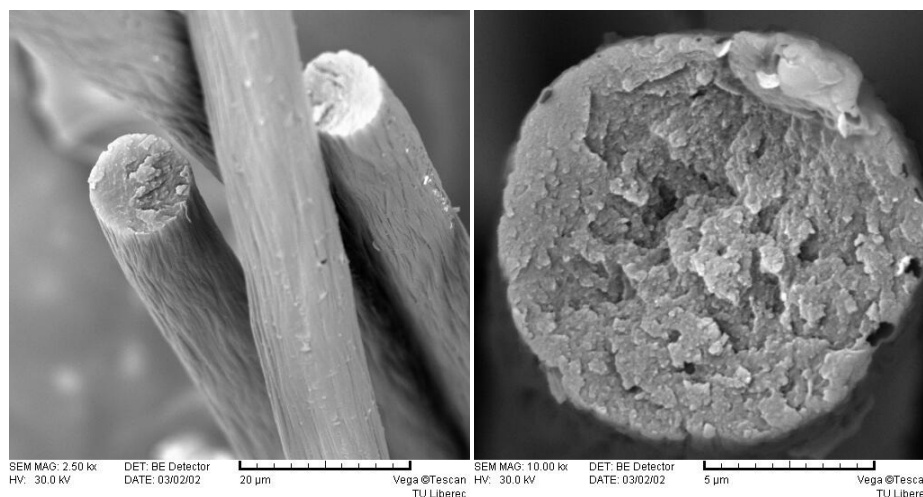
Materiál je vyrobený na bázi aramidových a polyamidových vláken. Je měkký a přitom pevný. Vyznačuje se odolností proti prořezu (stupeň odolnosti je tř. 5 a vyšší) a odolností proti propíchnutí předměty jako jsou dráty, třísky, apod. Je možné tento materiál i vrstvit a pak odolává i propíchnutí silnou jehlou. Materiál je prodyšný a při použití vrstvení se nesnižuje jeho ohebnost. Proto se ve velké většině používá jako materiál pro výrobu ochranných rukavic. [1]

Polyuretanová membrána:

Membrány jsou látky, které jsou 100% větru odolné, prodyšné, vodonepropustné (odolnost se udává hodnotou vodního sloupce) a paropropustné – odvádí vodní páry (pot) pryč od těla. Uživatel je tedy v suchu i v náročných přírodních podmínkách. Polyuretanová membrána má také ve finálním použití vysokou stálost a chemickou odolnost vůči organickým a anorganickým látkám. Výhodou je především, že je ohnivzdorná, má nehořlavou úpravu, nehoří a neodkapává. Do rukavice je vkládána jako předem připravená rukavice se svařenými švy.

Uhlíková vlákna (Carbon fibers):

Uhlíkové vlákno (též karbonové vlákno) je dlouhý, tenký pramen materiálu o průměru 5–8 μm složený převážně z atomů uhlíku. Vyznačuje se pevností a malou hmotností. Vlákná uhlíku jsou smotána a tvoří společně přízi, která může být použita samotně, nebo vetkaná do tkaniny. Vzhledem ke svým vlastnostem (pevnost, malá hmotnost, nehořlavost, dobrá elektrická vodivost, nízká tepelná vodivost) se může tento materiál uplatnit v kosmonautice, ve strojírenství a v řadě dalších oborů. Surovina používaná k výrobě uhlíkových vláken se nazývá prekurzor. Většina uhlíkových vláken je vyrobena z polyakrylonitrilových vláken (PAN). [11]



Obrázek č. 3 Schéma uhlíkového vlákna

CoolMax – 100% tvarovaný polyester

Jedná se o technicky vyspělé speciální čtyřkomorové polyesterové vlákno společnosti DuPont (obr. č. 4), které je vodoodpudivé, nenasákavé a velmi rychle odvádí vlhkost z povrchu těla. Zachovává teplotní stabilitu a udržuje tělo v suchu. Z vrchní vrstvy odvádí vlhkost ve formě páry (odpařováním) a reguluje tělesnou teplotu lépe a rychleji než jiné textilie. Velice rychle schne a antibakteriální úprava zamezuje šíření pachu a plísní. Je vhodný pro spodní prádlo, trička, ponožky, plavky atd..



Obrázek č. 4 Schéma průřezu vlákna CoolMax

3. Mechanické vlastnosti textilních vláken

Vlastnosti textilních vláken především souvisí se způsobem jejich výroby a chemickým složením, proto jsou rozděleny do několika základních skupin:

- geometrické vlastnosti (délka, jemnost, tvar příčného řezu)
- **mechanické vlastnosti** (pevnost, tažnost, modul, zotavení, tuhost)
- elektrické vlastnosti (statický náboj, izolační schopnosti, dielektrické chování,...)
- termické a termomechanické vlastnosti povrchové vlastnosti (bod tání, zesklenní, přechodové teploty, ztrátový modul,...)
- povrchové vlastnosti (adheze, transportní chování)
- oděr a stárnutí
- chemická odolnost [10]

Mechanické vlastnosti rozlišujeme podle druhu napětí, které v tělese vzniká v důsledku působení vnější síly: tah, tlak, ohyb, krut a střih. Při mechanickém namáhání dochází v textilií (ve vlákne) ke změně tvaru – **k deformaci**, která je závislá na velikosti zatížení, rychlosti namáhání a době trvání. Při natahování vzorku vlákna dochází k jeho prodloužení, čili deformování.

Při mechanickém namáhání dochází ke vzájemnému působení mechanických sil a textilie. Výsledkem jsou dočasné nebo trvalé změny tvaru textilie. Ve vztahu k deformovatelnosti tělesa při různých druzích napětí jsou pro pevná tělesa charakteristické dvě základní vlastnosti - pružnost a pevnost. **Pružnost textilie** je charakterizována jako schopnost textilie dosahovat původního rozměru po uvolnění vnějších sil. **Pevnost textilie** charakterizuje odolnost textilie proti trvalému porušení.

[10]

Namáhání v tahu

Odezvou materiálu při namáhání v tahu je **pevnost v tahu**. Zkoušení se provádí na přístroji dynamometr (trhačka). Napětí v textilií představuje míru vnitřních sil, které se v tělese objevují jako odpověď na působení vnějších mechanických sil. Interakcí mezi mechanickým působením a odporem vzniká v tělese určitý stav napjatosti.

Napětí definujeme jako velikost absolutní síly F [N], která je vztažena na plochu průřezu vlákna S [m²] nebo na jemnost vlákna T [tex]. Stav napjatosti definujeme

počtem, druhem a průběhem napětí v objemu textilie a jejich vzájemnými vztahy. Napětí do přetrhu vzorku je nazýváno **pevností v tahu** a je vyjádřeno podle vztahu:

$$\sigma = \frac{F[N]}{S[m^2]} \quad [Pa]$$

U textilních vláken, kde nelze určit plochu průřezu, se používá jemnost vláken. Vyjádření napětí pro textilie se může popsat jako relativní síla (pevnost) podle vztahu:

$$f = \left[\frac{F[N]}{T[te\text{x}]}\right] \quad [N.te\text{x}^{-1}]$$

Pro potřeby vyjádření relativní pevnosti pro různé druhy vláken se používají odvozené jednotky [cN.dtex-1], [mN.dtex-1], atd.

4. TEORETICKÁ ČÁST

4.1 Parametry materiálů pro výrobu ochranných rukavic

Spektrum nebezpečí v pracovním prostředí je velmi široké a různorodé. Správný výběr ochranných rukavic proti nebezpečným látkám vyžaduje důkladnou analýzu pracovního prostředí, druhu vykonávané práce, potencionálního ohrožení člověka nebezpečnými látkami a především analýzu vlastností materiálu použitého na výrobu ochranných rukavic. Výběr vhodného materiálu do skladby rukavic je nejdůležitější částí samotné výroby rukavic. Proto se při výběru zohledňují nejen výsledky měření, ale také především parametry jednotlivých materiálů.

Z charakteristiky hrozícího nebezpečí se určuje materiál k použití na výrobu ochranných rukavic. Pokud by zásahové rukavice byly využívány i speciálními jednotkami jako jsou hasiči, je potřeba se zaměřit nejen na riziko mechanické, ale i na riziko tepelné. Hasičům musí rukavice poskytovat na určitou omezenou dobu dostatečnou ochranu před plamenem a sálavým teplem. Materiál by proto měl mít dobrou tepelnou odolnost a pevnost zároveň. Neměl by se vzněcovat, tavit se a odkapávat. Zároveň by měl materiál odolávat proti proniknutí vody, vodní páry a dalších tekutin. V konečném užití by měl být materiál lehký, komfortní a neměl by bránit v pohybu. Kompromisem těchto protichůdných požadavků je použití několika druhů materiálů do jednoho sendviče rukavic. Do navrhované skladby rukavic jsou proto použity 4 druhy (vrstvy) materiálů tak, aby mohly splňovat vysoké bezpečnostní nároky. Každý z materiálů splňuje jiné vlastnosti a pouze součtem těch nejvhodnějších druhů se může dosáhnout optimálních výsledků.

4.2 Fyziologické vlastnosti lidského organismu

Fyzická práce v náročném prostředí zvyšuje tělesnou teplotu a příjem a výdej energie. Je proto také nutná znalost vzájemných vazeb a zákonitostí v soustavě: organismus – oděv – prostředí. Lidské tělo jako organismus reaguje na vnější prostředí, přijímá a vydává teplo. Oděv tvoří vrstvu materiálu, kterým prochází teplo a vlhkost. Vnější prostředí je určené pracovním prostředím a jeho teplotou. Pokud je fyzická práce vykonávána v horkém prostředí zvyšuje se tělesná teplota organismu. Pokud by se zastavily procesy pocení nebo se z nějakého důvodu pocení nevypařovalo, vnitřní

teplota těla by pak mohla stoupnout na 40°C a více. Je proto důležité při výběru materiálu brát v úvahu i tyto důležité aspekty, které mají nemalý podíl na výsledných vlastnostech výrobku. Tomuto hrozícímu riziku se může zabránit použitím prodyšného materiálu, který je schopen odvádět pot. [3]

4.3 Požadavky na vrstvení materiálu do sendviče rukavic:

Ochranná rukavice je kompaktní výrobek, ve kterém součet všech detailů vytváří celkový produkt. Proto každá vrstva materiálu do sendviče rukavic musí splňovat jiné požadavky. Aby se mohly materiály vhodně uspořádat do sendviče je potřeba stanovit požadavky na každou vrstvu materiálu zvlášť. Na obrázku č. 5 je znázorněno vrstvení materiálu.

Vrstvení materiálů:

1. vnější – ochranná vrstva

Materiál v této vrstvě musí především splňovat první (velmi vysokou) ochranu proti mechanickému riziku, vysokou ochranu proti teplu, plameni, průchodu vody a olejů, chemickým látkám a měl by být ochranou pro další vrstvy. Mezi nejvhodnější materiály patří přírodní kůže. Např. hovězí, kozí apod.

2. druhá mezivrstva – vrstva zvyšující odolnost proti teplu, oděru, propichu, řezu

Tato vrstva by měla zlepšovat mechanické vlastnosti vnější vrstvy a zároveň plnit funkci ochrany proti teplu. Materiál by měl být proto výjimečně pevný, tepelně odolný a ohnivzdorný. Další funkcí je ochrana membrány a prodloužení tak její životnosti. Mezi vhodné materiály patří např. netkaná textilie z aramidových vláken. Jedná se především o kevlarová a nomexová vlákna.

3. membrána – tvořící mezivrstvu

V této vrstvě by měla být použita taková membrána, která by byla voděodolná a zároveň vysoce větruvzdorná a prodyšná. V rukavici by měla membrána sloužit jako účinná bariéra proti bakteriím, virům, chemickým látkám a měla by dostatečně chránit před proniknutím vody, vodní páry a jiných kapalin do tepelné vložky. Vhodný materiál by měl mít odpovídající tloušťku, aby bylo docíleno lepších vlastností.

4. vnitřní vrstva – tepelná vložka – bariéra

Materiál použitý v této vrstvě musí mít dobré antibakteriální vlastnosti, příjemný na dotek, schopnost odvádět pot, prodyšný, za vysokých teplot se nesmí tavit nebo vznítit. Výhodou by bylo, kdyby materiál dosahoval dobrých výsledků i v ochraně proti mechanickým rizikům. Vhodné materiály: bavlna, kevlarová podšívka, PES podšívka



Obrázek č. 5 Schéma čtyřvrstvé rukavice

4.4 Návrh materiálů vhodných pro výrobu ochranných rukavic

Práce je především zaměřena na odolnost materiálů, které byly zaslány k otestování. Pokud by bylo možné použít k otestování i jiné druhy materiálů, spektrum výběru by bylo mnohem širší. Z osobních znalostí a s prostudováním literatury je dále uvedeno několik dalších typů materiálu, které by mohly být díky svým vlastnostem použity pro výrobu zásahových ochranných rukavic. Tyto materiály jsou vybrány pouze z teoretického pohledu. Pokud by se uvažovalo o jejich použití, bylo by potřeba je podrobit experimentálnímu zkoumání.

Návrh materiálů:

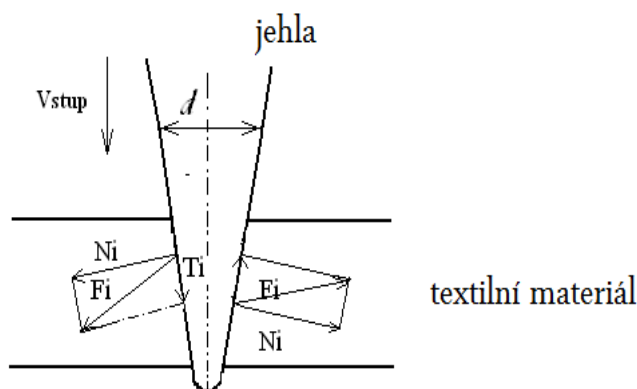
- **HDPE** – vlákno z vysoko hustotního polyetyleny (výrobek Spectra - fi.Honeywell a Dyneema - fi.Dyneema) může dosahovat obdobných pevnostních charakteristik jako p-aramidy. Je lehké a řezu odolné. Používá se často k výrobě ochranných oděvů.

- **Cordura** – polyamidový materiál (fi.Invista), jehož struktura vláken zaručuje maximální odolnost proti roztržení a oděru. Materiál je 2x pevnější než nylon, 3x pevnější než polyester a až 10x pevnější než bavlna. Materiál je značně voděodolný, ohebný, dobře se udržuje a má nízkou hmotnost. Je vyráběn v mnoha barvách, vzorech a variantách s rozdílnou vahou a konstrukcí. Používá se jako oděv v místech s vysokým rizikem oděru, jako je vojenská výbava do extrémních podmínek nebo při výrobě koňských sedel.
- **PTFE** - polytetrafluorethylény - jedná se o fluorouhlíkatá vlákna (např. Teflon – fi.DuPont), charakteristická teplotní odolností. Materiál je vhodný i pro řadu praktických aplikací díky nízkému součiniteli tření. Je vyráběn i ve formě prodyšných porézních membrán, jež se laminují na ochranné textilie navíc i s funkcí bariéry proti požáru. Nevýhodou ale může být jeho obtížné zpracování a míchání s jinými látkami.
- **PBO** - polyfenylenbenzobisoxazol - jedná se o organické vlákno (výrobek Zylon - fi.Toyobo), s vynikající až 2 x větší pevností v tahu než p-aramidová vlákna a díky vysokým hodnotám LOI má téměř 2 x lepší odolnost vůči plameni než m-aramidová vlákna. [3]

4.5 Působení sil při průpichu vláken a faktory, které mohou ovlivňovat jejich velikost

Dá se říci, že pokud jehla proniká textilním materiálem, vytváří si průnikovou cestu. Vnikáním do materiálu dochází ke vzájemnému tření mezi jehlou a nití a působení síly na textilní materiál. Dochází tak k působení několika sil současně.

Třecí síly T_i působí rovnoběžně s boky jehly a způsobují vznik tepla jehly i materiálu. Normálové síly N_i působí na stěny jehly a způsobují oddalování nití a vláken ve směru od jehly. Normálová síla je závislá na odolnosti textile vůči deformacím a na síle potřebné k rozdělení nití. Třecí síla je závislá na rychlosti vniknutí jehly materiálem (viz. obrázek č. 6).



Obrázek č. 6 Schéma působení sil při průpichu jehly materiálem

Výsledná síla F_i , kterou působí jehla na materiál je dána součtem složek působících sil.

Vztah: $T_i = N_i \cdot f$ f - součinitel tření mezi jehlou a materiálem.

Faktory ovlivňující sílu F_i :

- mechanické vlastnosti textilie
- druh plošné textilie (pletenina, tkanina, netkaná textilie) a popř. vazba
- hustota (plnost) textilie – čím větší je zaplnění, tím hůře hrot jehly proniká materiálem a tím větší síla je vyvinuta k proniknutí materiálem
- počet vrstev materiálu – více vrstev znamená větší odpor jehly vůči tkanině
- tvar a poloměr jehly – zakulacená jehla nitě spíše odsune, ostrá jehla lépe pronikne do nitě a propichuje je
- rychlost jehly při průpichu materiálem
- mechanismus průniku jehly

Možné mechanismy průniku jehly strukturou textilie:

Ve chvíli, kdy se hrot jehly zabodává do materiálu vlivem síly F , se na povrchu textilie vytvoří otvor (průniková cesta) skrze kterého hrot jehly vniká do struktury textilie. Tím se mění původní uspořádání struktury materiálu.

Dá se předpokládat, že nastane vždy jedna z následujících možností:

1. Hrot jehly odsunuje ostatní nitě (osnovní a útkové nitě nebo očka pleteniny) a vznikne tak prostor pro průnik jehly materiálem.

2. Hrot jehly naráží na stěny nití a prokluzuje po nich. Vyvíjí se větší odpor a roste síla potřebná k průpichu.
3. Hrot jehly vnikne přímo do nitě a propichuje ji. Tím se naruší vlákno, z kterého je nit konstruována a může dojít i k úplné destrukci nitě. Vytváří se větší odpor jehly vůči nitím a tím i značně narůstá velikost síly F .

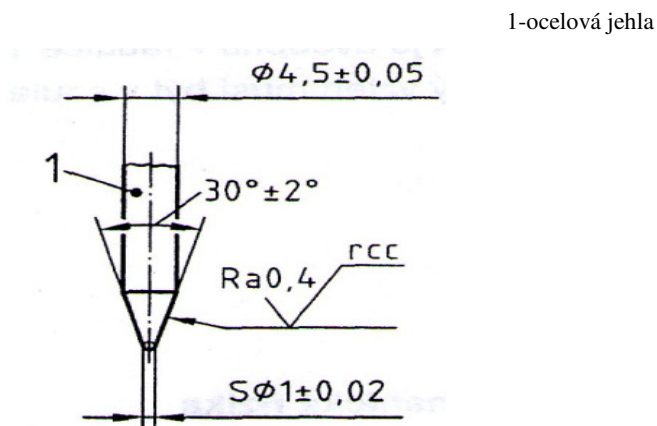
5. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

5.1 Hlavní komponenty pro měření zkoušky propichu

5.1.1 Zařízení

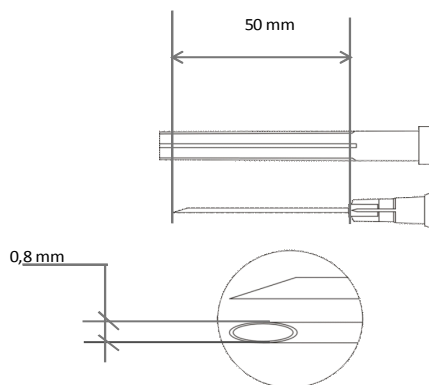
Měření je prováděno na přístroji Labortech. Jedná se o zkušební zařízení s malou setrvačností, vybaveného na měření síly od 0 do 500 N.

Dalším zařízením je normovaná ocelová jehla a injekční jehla, které jsou vystředěny v ose, přičemž ocelová jehla (ocel o tvrdosti 60 HRCL podle Rockwella) vyhovuje svým tvarem a rozměrům uvedeným v ČSN EN 388. (viz. obrázek č. 7)



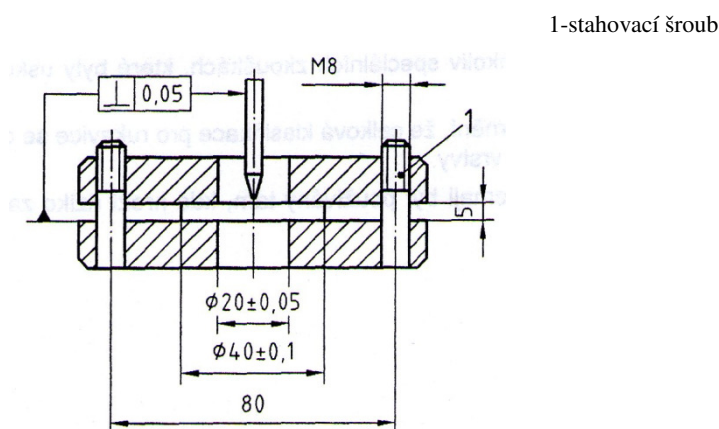
Obrázek č. 7 Ocelová jehla

Injekční jehla není normována. K měření je použita sterilní injekční jehla – zelená. Označení zelená odpovídá velikosti 0,8mm x 50mm (průměr x délka)(viz. obrázek č. 8).



Obrázek č. 8 Injekční jehla

Třetí komponentou je upínací přípravek pro zkušební vzorek, který je vystředěn v ose zařízení (viz obrázek č. 9).



Obrázek č. 9 Upínací přípravek

5.1.2 Zkušební vzorek

Vzorek textilního materiálu je nastřížen tak, aby průměr vzorku činil 40 mm. V případě menší šíře by vzorek mohl vlivem síly vyklouznout a došlo by ke zkresleným výsledkům. Vzorek by také neměl mít švy, zesílení ani vycpávky v místě sevření a bodu propichu. V případě vícevrstvého materiálu se vrstvy zkouší společně. [2]

5.1.3 Tloušťkoměr

Vzorek textilního materiálu je podroben měření tloušťky na digitálním tloušťkoměru.

5.2 Aplikovaná metoda zkoušení

Postup měření:

1. Zkušební vzorek materiálu se nastříhne tak, aby průměr vzorku činil 40 mm.
2. Zkušební vzorek se sevře uprostřed upínacího přípravku vnější stranou směrem k jehle a vnitřní stranou směrem dolů kolmo k podložce měřícího zařízení. Pomocí stahovacích šroubů se upevní materiál tak, aby nedošlo při měření k posunutí materiálu nebo jeho vyklouznutí z upínacího přípravku.
3. Ocelová jehla se pohybuje směrem dolů do středu zkušebního vzorku rychlostí 100 mm/min a injekční jehla rychlostí 50 mm/min až do vtlačení o 50 mm do zkoušeného vzorku. Hodnoty se zaznamenávají automaticky do počítače,

přičemž se zaznamenává i nejvyšší a nejnižší hodnota síly potřebná k propíchnutí.

4. Zkouška normovanou ocelovou jehlou se provádí na pěti zkušebních vzorcích stejného složení po jednom vpichu, přičemž měření je prováděno co nejbližší ke středu zkušebního vzorku. Zkouška injekční jehlou se provádí deseti vpichy na různých místech jednoho vzorku materiálu.
5. Tvar a rozměry ocelové jehly vyhovují obrázku č. 7 pro každou zkoušku. Kontrola injekční jehly je prováděna 100 vpichy, aby nedošlo k ovlivnění výsledku.
6. Výsledky se vyhodnocují automaticky do počítače, včetně průměrných hodnot měření.
7. Vzorky jsou podrobeny měření tloušťky na přístroji tloušťkoměr. Měření je provedeno po deseti pokusech a následně je vypočtena průměrná pevnost textilie.
8. Po změření všech materiálů je vytvořena databáze, ve které je uvedena průměrná hodnota síly F pro každý druh materiálu a průměrná tloušťka každého materiálu.

Kondicionování:

1. Všechny zkušební materiály podléhají zkoušení pro dlaňovou část rukavic.
2. Pokud materiály nejsou použity pro dlaňovou část rukavic, jsou také zkoušeny.
3. Měření probíhá v klimatických podmínkách dle normy:
 - teplota vzduchu 23 ± 2 °C
 - relativní vlhkost 50 ± 5 % [2]

5.3 Úroveň (třída) provedení

Třídou provedení se označuje konkrétní kategorie nebo rozsah provedení. Podle čísla třídy pak mohou být výsledky zkoušek zatříděny, tzn., že ke každému výsledku zkoušky je přiřazena úroveň (třída) provedení zapsaná v normě ČSN EN 388. (viz. tabulka č. 1)

Ochranné rukavice proti mechanickým rizikům musí mít provedení ve třídě 1 nebo vyšší nejméně v jedné z vlastností (oděr, řez čepelí, další trhání a propíchnutí) klasifikované podle minimálních požadavků pro každou třídu provedení, které jsou uvedeny v tabulce č. 1. [2]

Test	třída 0	třída 1	třída 2	třída 3	třída 4	třída 5
Odolnost proti oděru (počet cyklů)	< 100	100	500	2000	8000	-
Odolnost proti řezu (index)	< 1,2	1,2	2,5	5,0	10,0	20,0
Odolnost proti dalšímu trhání (N)	< 10	10	25	50	75	-
Odolnost proti propíchnutí (N)	< 20	20	60	100	150	-

Tabulka č. 1 Třídy provedení

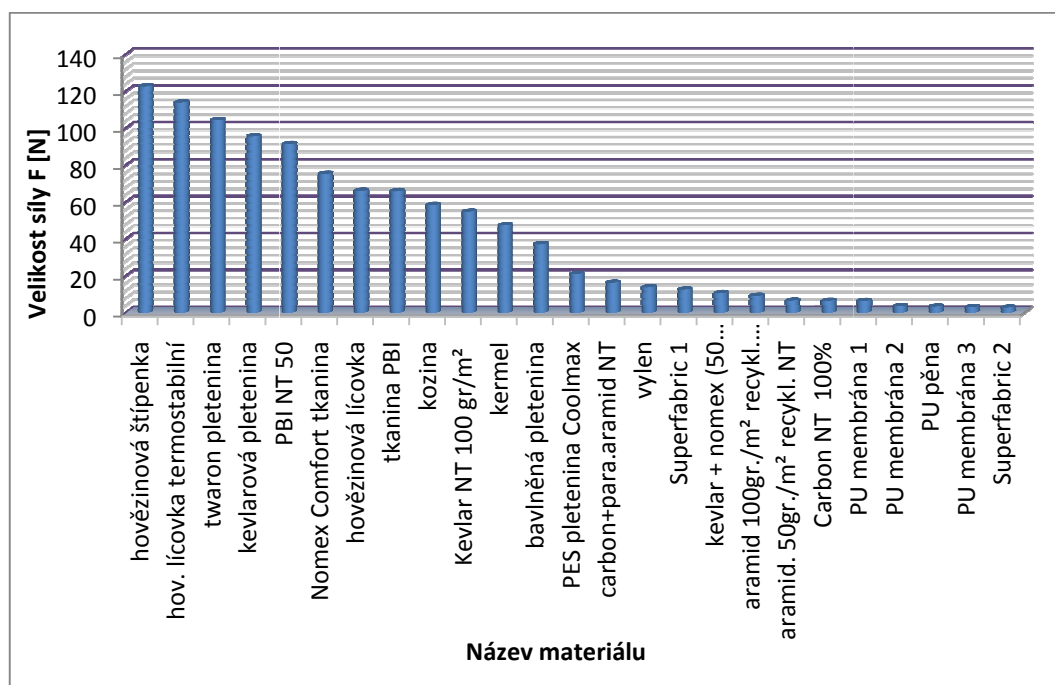
Pozn.: Tyto úrovně výkonu by měly být zobrazeny vedle piktogramu na obalu, ve kterém jsou přímo baleny rukavice. [2]

5.4 Vyhodnocení výsledků naměřených materiálů

Jak už bylo zmíněno, práce se zabývá zkoušením textilních materiálů proti mechanickému riziku. U vzorků materiálů se postupně zkoušela pevnost při propíchnutí normovanou ocelovou jehlou a injekční jehlou. V této části práce je podrobněji rozepsán postup zkoušení zvlášť pro každou jehlu.

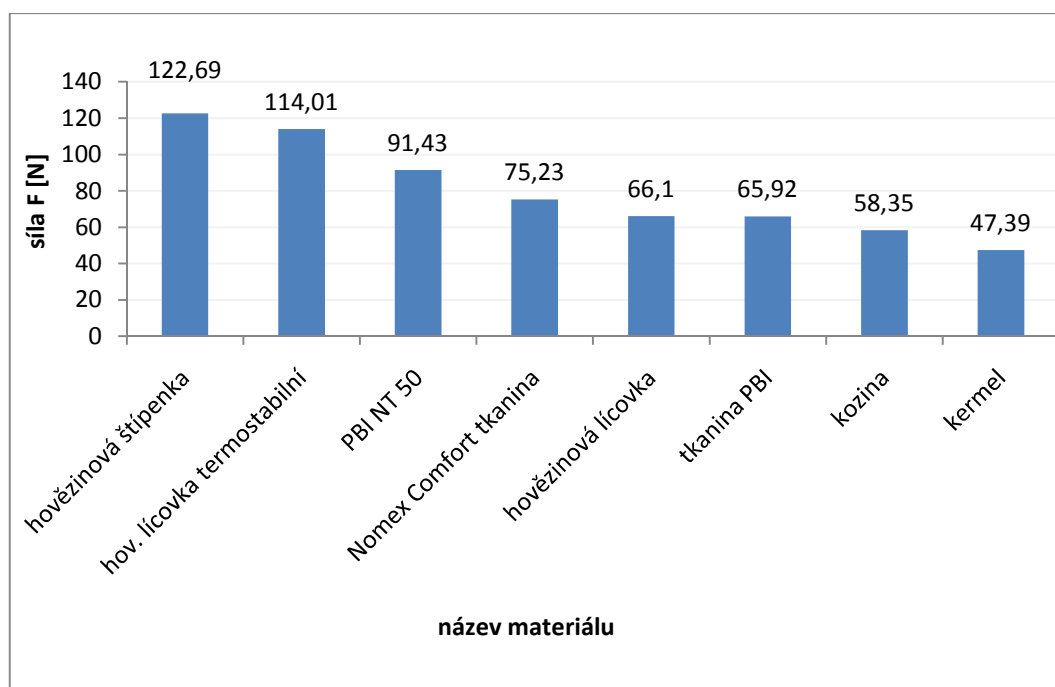
5.4.1 Měření odolnosti průpichu normovanou ocelovou jehlou

Po naměření všech 25 materiálů se výsledné velikosti síly průpichu seřadily tak, aby bylo zřejmé, které materiály dosahovaly lepších výsledků (viz. graf č. 1).



Graf č. 1 Výsledná odolnost jednotlivých materiálů

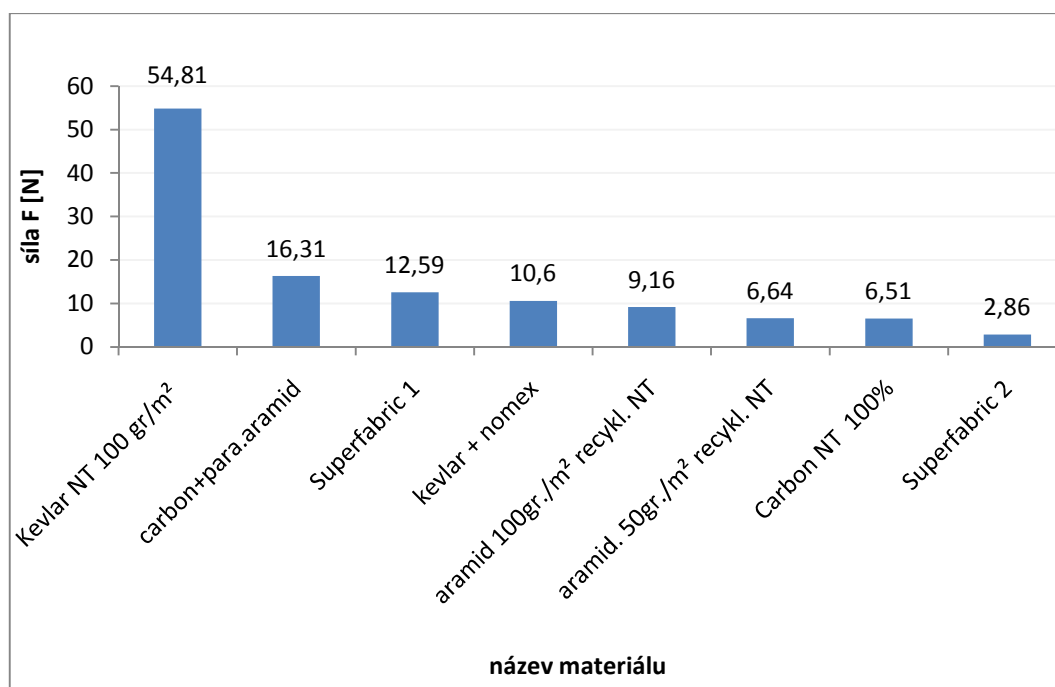
Výsledky ukazují, že nejlepších vlastností dosahují přírodní usně a pleteniny Twaron a Kevlar. Aby byla zachována správná funkce rukavic, každý z materiálů byl rozdělen do jedné ze čtyř vrstev podle účelu, který by měl ve finálním výrobku plnit. V každé vrstvě byly materiály opět seřazeny dle výsledků velikosti sil (viz. grafy č. 2-5).



Graf č. 2 Odolnost materiálů proti průpichu normované jehly v 1. vrstvě – vnější

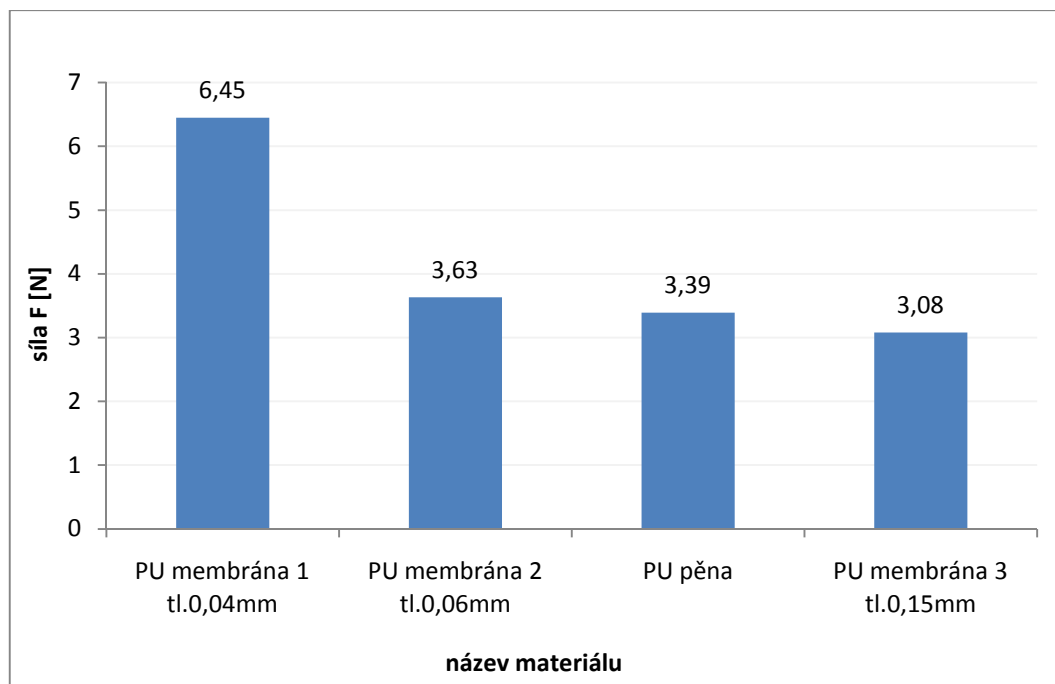
Z grafu č. 2 je patrné, že nejlepších vlastností dosahují přírodní hovězinové usně a PBI netkaná textilie. Jejich hodnoty v odolnosti dosahují 100 N a více. Hovězinová štípenka dokonce odolává síle 120 N. Naopak nejhorších výsledků dosahuje materiál Kermel (47,39 N).

Tato vrstva materiálu by měla dosahovat nejvyšších hodnot ze všech čtyř vrstev .



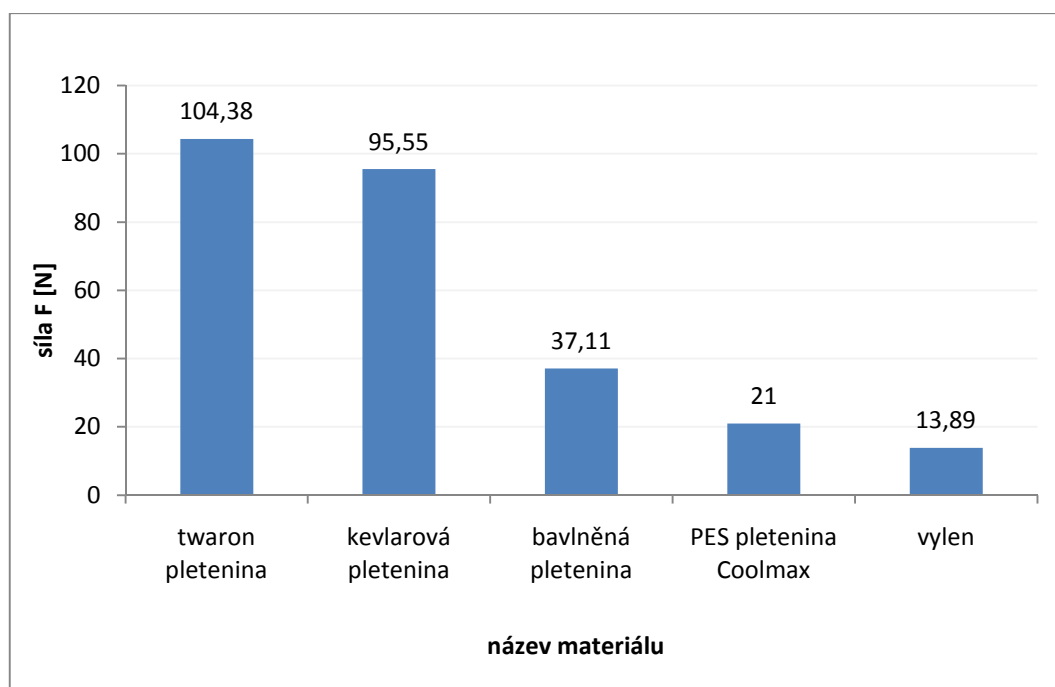
Graf č. 3 Odolnost materiálů proti průpichu normované jehly ve 2. vrstvě

Ve druhé vrstvě dopadla nejlépe netkaná textilie Kevlar, která několikanásobně převyšuje hodnoty ostatních materiálů. Síla potřebná k propichu materiálu Kevlar dosahuje hodnoty 54,81 N. Naopak nejnižší síle odolává aramidové recykl. netkané textilie, Carbon netkaná textilie a Superfabric 2. Hodnoty těchto materiálů se pohybují pod hodnotami 10 N, přičemž Superfabric 2 odolává síle pouze 2,86 N. Tato vrstva by měla zlepšovat výslednou pevnost vrstvy první a měla by zároveň sloužit jako ochranná vrstva pro membránu. Jsou proto na ni kladeny vysoké požadavky v odolnosti proti průpichu.



Graf č. 4 Odolnost materiálů proti průpichu normované jehly ve 3. vrstvě

Ve třetí vrstvě není zcela rozhodující dosažená velikost síly. Ale je patrné, že výsledky materiálů v této vrstvě dosahují v některých případech lepších hodnot než výsledky materiálů ve vrstvě druhé. Zajímavé také je, že výsledky Pu membrán nejsou závislé na tloušťce materiálu. Nejlepších vlastností v odolnosti dosahuje Pu membrána 1 tl. 0,04 mm (6,45 N) a nejnižší hodnoty dosahuje Pu membrána 3 tl. 0,15 mm (3,08 N). Pu pěna odolává síle 3,39 N.



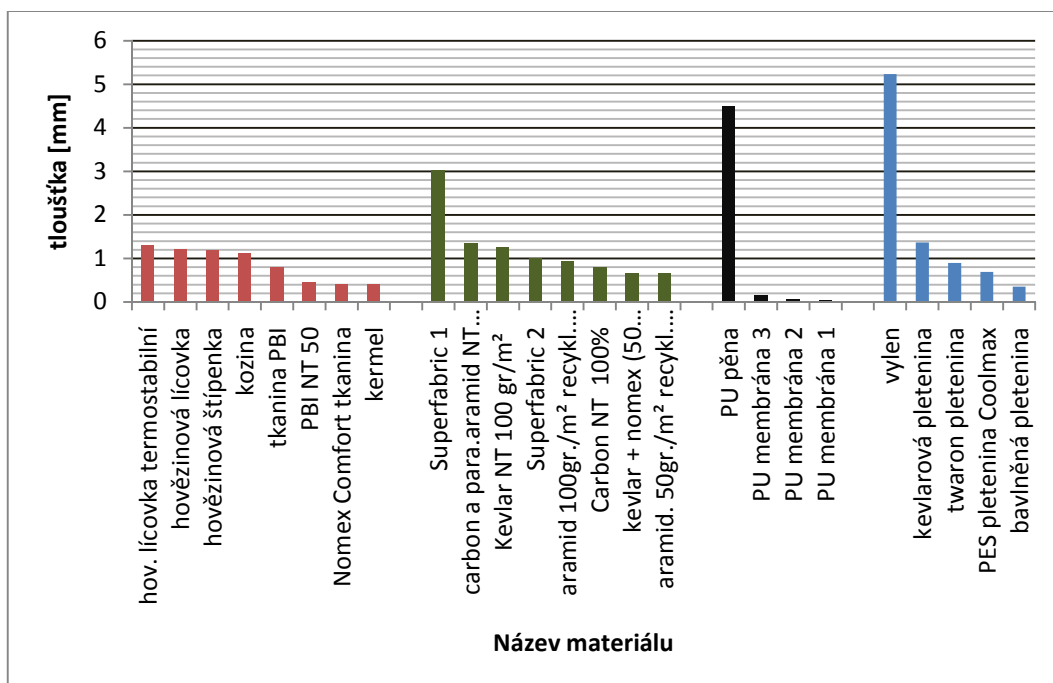
Graf č. 5 Odolnost materiálů proti průpichu normované jehly ve 4. vrstvě – vnitřní

Graf č. 5 znázorňuje, jakých hodnot dosahují materiály ve vnitřní vrstvě – k pokožce nejbližší. Opět je zde vidět, že některé materiály odolávají větší síle, než materiály v první (a druhé) vrstvě. Pleteniny Twaron a Kevlar mají dokonce hodnoty vyšší než většina materiálů v 1. vrstvě – vnější. Pletenina Twaron odolává průměrné síle 104,38 N a Kevlarová pletenina odolává průměrné síle 95,55 N. Nejnížší hodnoty v této vrstvě dosahuje materiál Vylen (13,89 N). Pokud by se uvažovalo, že by ocelová jehla propíchl vrchní vrstvy a dostala se až k vrstvě vnitřní, bylo vhodné, aby tato vrstva splňovala co nejlepších výsledků v odolnosti proti průpichu.

Databáze:

Pro návrh požadované skladby rukavic byla dále vytvořena databáze, která vyhodnotila materiály podle zadaných podmínek. Podmínka zadaná v normě říká, že minimální pevnost celé skladby materiálů pro rukavici proti mechanickému namáhání musí odolat velikosti síly min. 20 N. Pro dlaňovou část by měla být zajištěna odolnost všech vrstev minimálně 100 N. Z výsledků je ale zřejmé, že materiály mohou odolávat i vyšším hodnotám než 100 N a proto bylo určeno, že vrstvy materiálů musí odolávat úrovni provedení 4 (viz. tabulka č. 1), tedy hodnotě min. 150 N. Aby se výběr omezil, bylo zadáno rozpětí sil v intervalu 150 - 160 N. Výsledkem bylo 113 skladeb, které vyhovovaly zadaným kritériím.

Protože je pro konečný výrobek důležitý také komfort a praktičnost, posuzovaly se materiály i z hlediska tloušťky vrstev. Graf č. 6 znázorňuje tloušťky jednotlivých materiálů v mm -barevně jsou odděleny jednotlivé vrstvy.



Graf č. 6 Výsledné tloušťky jednotlivých materiálů ve vrstvách

Graf č. 6 ukazuje, že hodnoty materiálů Superfabric 1, Pu pěna a Vylen by z hlediska velké tloušťky materiálu nebyly pro výrobu rukavic zcela vhodné. Ostatní materiály by mohly být použity. Jejich hodnoty nepřesahují tloušťku 1,40 mm. Vychází se z předpokladu, že čím má rukavice silnější vrstvu, tím více je pohyb ruky omezen.

Výběr vhodné skladby závisí na kombinaci materiálů. Tloušťky materiálů byly proto přiřazeny k výsledným 117 skladbám, které odpovídaly odolnosti průpichu 150 – 160 N.

Pokud by se navíc zadala minimální hodnota tloušťky čtyř vrstev do 2,5 mm, tak by se z původních 117 skladeb výběr omezil na 9 skladeb materiálů. Výsledné skladby materiálů znázorňuje tabulka č. 2:

<i>materiál.složení A</i>	<i>F[N]</i>	<i>d[mm]</i>
PBI NT 50	91,43	0,45
45% carbon 45% para.aramidNT	16,31	1,35
PU membrána 1	6,45	0,04
bavlněná pletenina	37,11	0,35
<i>součet</i>	151,3	2,19

<i>materiál.složení B</i>	<i>F[N]</i>	<i>d[mm]</i>
kermel	47,39	0,4
Superfabric 2	2,86	1
PU membrána 3	3,08	0,15
twaron pletenina	104,4	0,9
<i>součet</i>	157,7	2,45

<i>materiál.složení C</i>	<i>F[N]</i>	<i>d[mm]</i>
Nomex Comfort tkanina	75,23	0,41
Kevlar NT 100 gr/m ²	54,81	1,25
PU membrána 1	6,45	0,04
PES pletenina Coolmax	21	0,69
<i>součet</i>	157,5	2,39

<i>materiál.složení D</i>	<i>F[N]</i>	<i>d[mm]</i>
kermel	47,39	0,4
kevlar+nomex (50:50 g/m ²)	10,6	0,65
PU membrána 1	6,45	0,04
kevlarová pletenina	95,55	1,37
<i>součet</i>	160	2,46

<i>materiál.složení E</i>	<i>F[N]</i>	<i>d[mm]</i>
Nomex Comfort tkanina	75,23	0,41
Kevlar NT 100 gr/m ²	54,81	1,25
PU membrána 2	3,63	0,06
PES pletenina Coolmax	21	0,69
<i>součet</i>	154,7	2,41

<i>materiál.složení F</i>	<i>F[N]</i>	<i>d[mm]</i>
kermel	47,39	0,4
kevlar+nomex (50:50 g/m ²)	10,6	0,65
PU membrána 2	3,63	0,06
kevlarová pletenina	95,55	1,37
<i>součet</i>	157,2	2,48

<i>materiál.složení G</i>	<i>F[N]</i>	<i>d[mm]</i>
kermel	47,39	0,4
Superfabric 2	2,86	1
PU membrána 2	3,63	0,06
twaron pletenina	104,4	0,9
<i>součet</i>	158,3	2,36

<i>materiál.složení H</i>	<i>F[N]</i>	<i>d[mm]</i>
kermel	47,39	0,4
aramid.50gr./m ² recykl. NT	6,64	0,65
PU membrána 1	6,45	0,04
kevlarová pletenina	95,55	1,37
<i>součet</i>	156	2,46

<i>materiál.složení I</i>	<i>F[N]</i>	<i>d[mm]</i>
kermel	47,39	0,4
aramid. 50gr./m ² recykl. NT	6,64	0,65
PU membrána 2	3,63	0,06
kevlarová pletenina	95,55	1,37
<i>součet</i>	153,2	2,48

Tabulka č. 2 Materiálové složení A-I

Protože je pro rukavici důležité, aby nejvíce odolávala vrstva vnější (tzn. 1. vrstva), vytřídily se materiály tak, aby nejvyšších hodnot ze 4 vrstev materiálů dosahovala vrstva 1. Následně se výběr omezil na skladby rukavic A, C a E (viz. tabulka č. 3).

<i>materiál.složení A</i>	<i>F[N]</i>	<i>d[mm]</i>
PBI NT 50	91,43	0,45
carbon+para.aramid NT4	16,31	1,35
PU membrána 1	6,45	0,04
bavlněná pletenina	37,11	0,35
<i>součet</i>	151,3	2,19

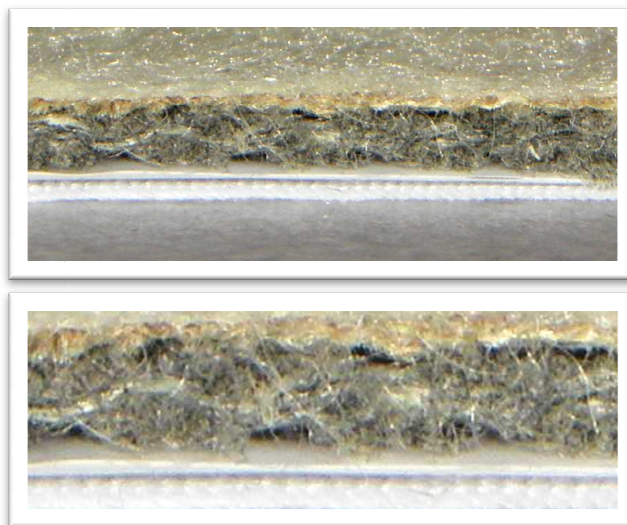
<i>materiál.složení C</i>	<i>F[N]</i>	<i>d[mm]</i>
Nomex Comfort tkanina	75,23	0,41
Kevlar NT 100 gr/m ²	54,81	1,25
PU membrána 1	6,45	0,04
PES pletenina Coolmax	21	0,69
<i>součet</i>	157,5	2,39

<i>materiál.složení E</i>	<i>F[N]</i>	<i>d[mm]</i>
Nomex Comfort tkanina	75,23	0,41
Kevlar NT 100 gr/m ²	54,81	1,25
PU membrána 2	3,63	0,06
PES pletenina Coolmax	21	0,69
<i>součet</i>	154,7	2,41

Tabulka č. 3 Materiálové složení A, C a E

Pro lepší představu je materiálové složení vyfoceno a znázorněno z větší i menší vzdálenosti (viz. obrázek č. 10 a č. 11).

Po vyhodnocení veškerých naměřených hodnot se na závěr určila skladba rukavic, která byla s ohledem na výsledky měření a vlastnosti jednotlivých materiálu navržena jako nejvhodnější. Pro zlepšení vlastností vnější vrstvy by bylo zapotřebí, aby 2. vrstva dosahovala také vysoké pevnosti, proto je pro výběr z hlediska pevnosti nejvhodnější **materiálové složení C**.



Obrázek č. 10 Materiálové složení A



Obrázek č. 11 Materiálové složení C a E

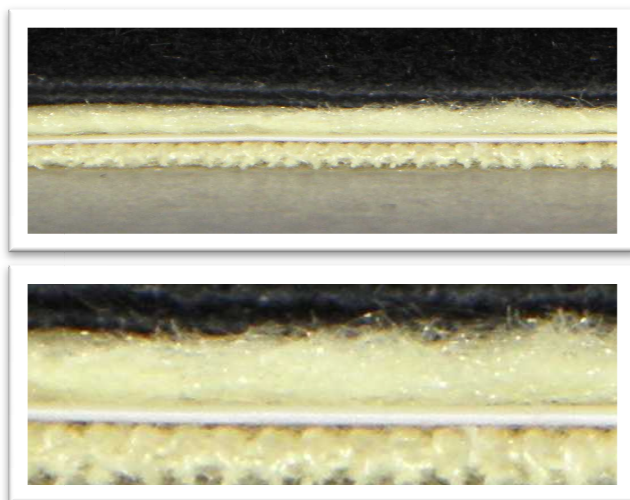
Návrh nejodolnější skladby materiálů proti průpichu ocelové normované jehly:

Pro návrh nejodolnější skladby materiálu pro výrobu ochranných rukavic byly použity výsledky zkoušení. Materiály se posuzovaly nejen z hlediska výsledné hodnoty průpichu, ale i celkové tloušťky rukavice. Na závěr bylo zhodnoceno, jestli materiál vyhovuje i z hlediska vlastností potřebných pro výrobu ochranných rukavic pro zásahové jednotky. A výsledkem bylo materiálové složení, které znázorňuje tabulka č.4:

<i>materiálové složení Z:</i>	<i>veličiny - ocelová jehla</i>	
	<i>F [N]</i>	<i>tl.materiálu [mm]</i>
hovězinová štípenka	122,69	1,19
Kevlar NT 100 gr/m ²	54,81	1,25
PU membrána 2 tl.0,06mm	6,45	0,06
twaron pletenina	104,38	0,9
součet	288,33	3,4

Tabulka č. 4 Materiálové složení Z

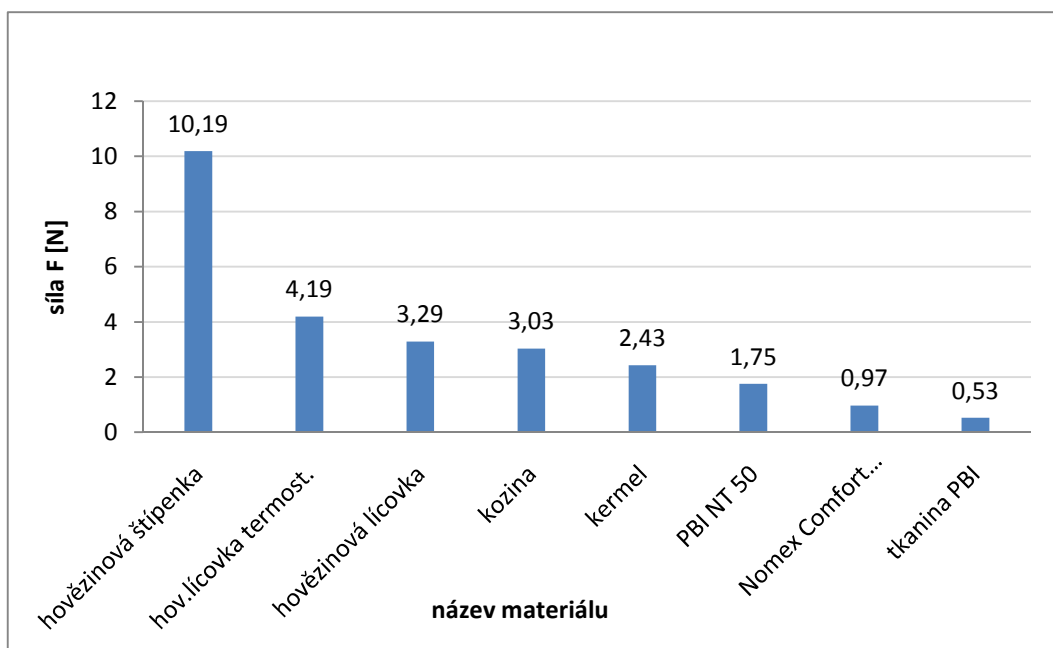
Pro lepší představu je materiálové složení vyfoceno a znázorněno z větší i menší vzdálenosti (viz. obrázek č. 12).



Obrázek č. 12 Materiálové složení Z

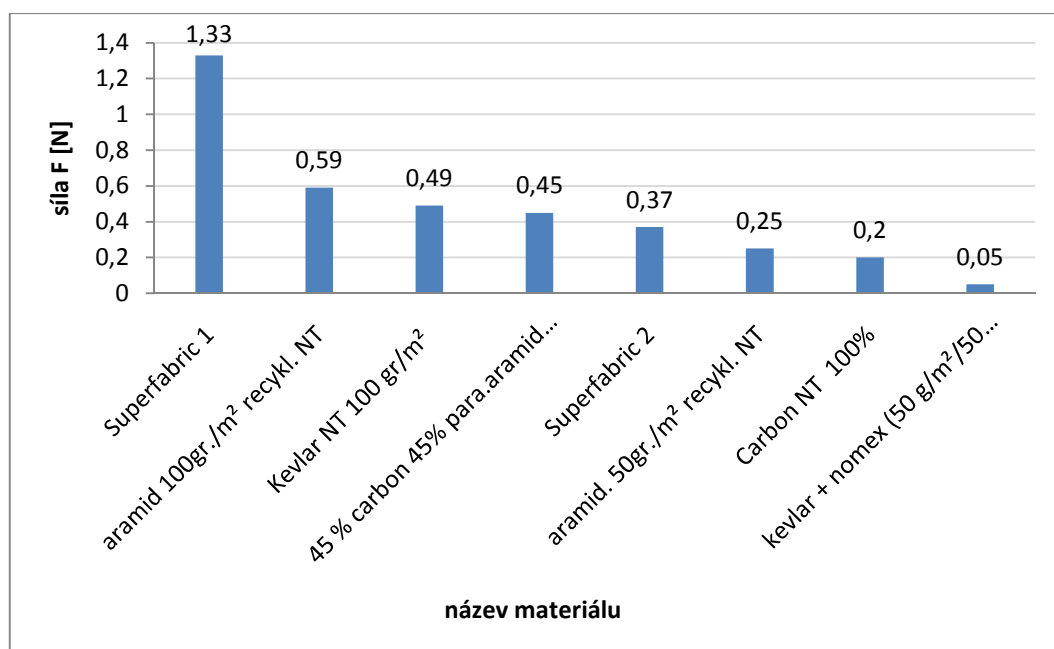
5.4.2 Měření odolnosti průpichu injekční jehlou

Pokud se jedná o měření injekční jehlou, nelze očekávat, že výsledky budou podobné jako při měření odolnosti normovanou jehlou. Injekční jehla je tenčí a hrot má špičatější, proto se bude hrot jehly mezi nitě materiálu zabodávat lehčeji a nebude třeba vyvinout tak velkou sílu nutnou k propíchnutí. Výsledky ukazují, že maximální hodnotu ze všech zkoušených materiálů (10,19 N) dosahuje hovězinová štípenka. Materiály jsou opět rozděleny do vrstev dle účelu použití a seřazeny podle výsledků odolnosti.



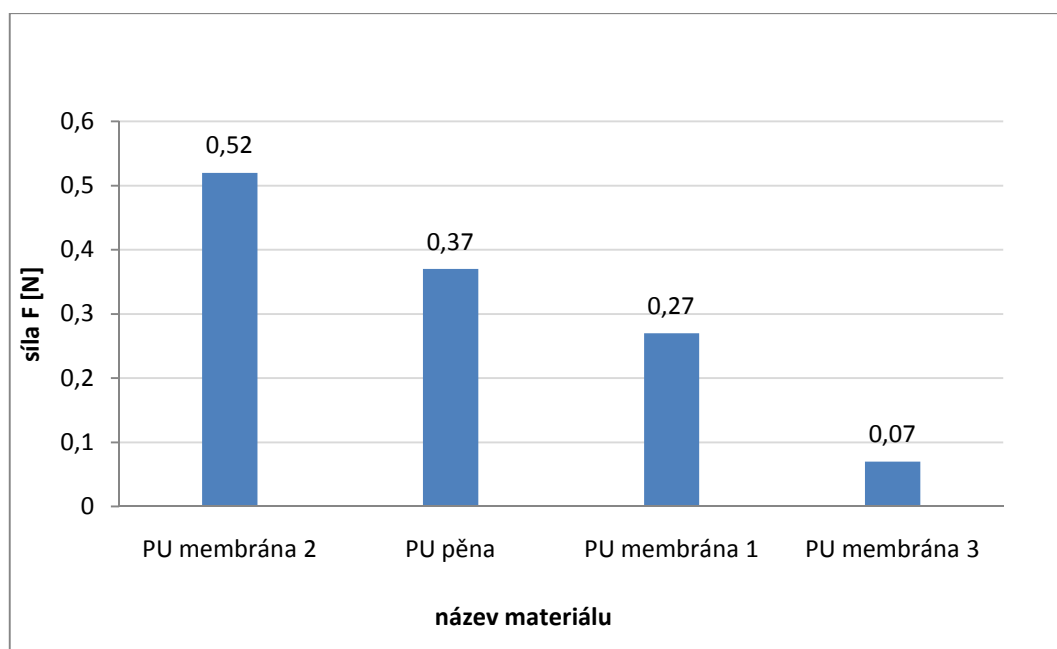
Graf č. 7 Odolnost materiálů proti průpichu injekční jehly v 1. vrstvě – vnější

Graf č. 7 znázorňuje, že nejlepších výsledků dosahují přírodní usně. Hovězinová štípenka dosahuje ve vnější vrstvě nejvyšší hodnoty ze všech měřených materiálů (10,19 N). Její výsledná průměrná hodnota převyšuje výsledky odolností ostatních materiálů několikanásobně. Druhou nejvyšší hodnotu vykazuje Hovězinová lícovka termostabilní (4,19 N). Naopak nejnižších hodnot odolnosti materiálu dosahují materiály Nomex Comfort tkanina (0,97 N) a tkanina PBI (0,53 N). Pro vnější vrstvu je důležité dosahovat mnohem větších odolností. Pokud by se měla dodržet norma, je potřeba, aby materiály odolávaly několikanásobným hodnotám.



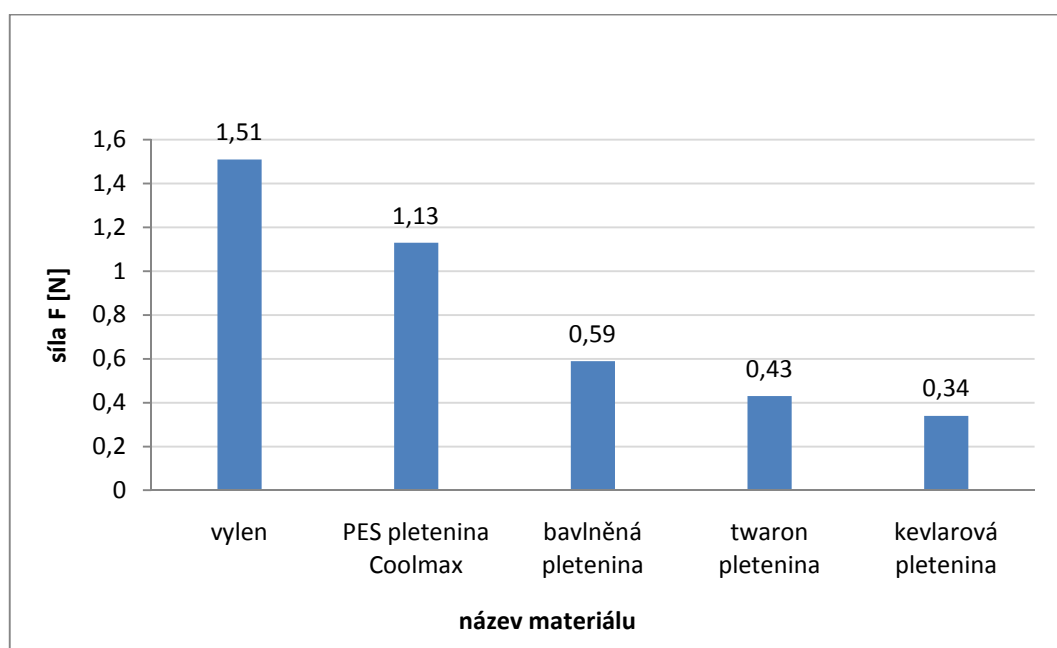
Graf č. 8 Odolnost materiálů proti průpichu injekční jehly ve 2. vrstvě

Ve druhé vrstvě dosahuje nejvyšší hodnoty (1,33 N) textilie Superfabric 1 a naopak hodnoty nejnižší (0,05 N) kombinace materiálů Kevlaru a Nomex. Kromě materiálu Superfabric 1 se veškeré výsledné hodnoty pohybují pod hodnotou odolnosti proti průpichu 1 N. Materiály druhé vrstvy by měly mít hodnoty podstatně vyšší, aby mohly splňovat funkci ochranné vrstvy zlepšující vlastnosti vrstvy vnější a zároveň být ochranou pro 3. vrstvu – membránu. Už nyní je ale zřejmé, že součty nejodolnějších materiálů v první a druhé vrstvě nedosahují dostatečné hodnoty částečně odolávající propíchnutí injekční jehly. Pokud by se měla dodržet norma je potřeba, aby rukavice proti mechanickému riziku odolávala odolnosti průpichu minimálně 20 N.



Graf č. 9 Odolnost materiálů proti průpichu injekční jehly ve 3. vrstvě

Graf č. 9 znázorňuje velikost sil Pu membrán a Pu pěny. Nejlepších hodnot dosahuje Pu membrána 2 tl.0,04 mm. Její odolnost dosahuje průměrné hodnoty 0,52 N. Pu pěna odolává průměrné síle 0,37 N a Pu membrána 1 tl.0,06 mm odolává síle 0,27 N. Nejhorších výsledků v této vrstvě dosahuje Pu membrána 3 tl.0,15 mm. Její hodnota odolává průměrné síle průpichu 0,07 N.



Graf č. 10 Odolnost materiálů proti průpichu injekční jehly ve 4. vrstvě – vnější

Graf č. 10 znázorňuje, že nejvyšší hodnoty dosahuje Vylen. Odolnost tohoto materiálu dosahuje průměrné hodnoty 1,51 N. Druhým nejodolnějším materiálem je PES pletenina. Její hodnota odolnosti dosahuje průměrné hodnoty 1,13 N. Nejhorších výsledků v této vrstvě dosahuje Kevlarová pletenina s odolností průpichu 0,34 N.

Pro zajímavost se navrhla nejodolnější skladba rukavic bez ohledu na tloušťku materiálu a nejodolnější skladba rukavic s ohledem na tloušťku materiálu.

Výsledkem je materiálové složení X a Y (viz. tabulka č. 5).

<i>materiál.složení X:</i>	F[N]	d[mm]	<i>materiálové složení Y:</i>	F[N]	d[mm]
hovězinová štípenka	10,19	1,19	hovězinová štípenka	10,19	1,19
Superfabric 1	1,33	3,02	aramid100gr./m²recykl.NT	0,59	0,93
Pu membrána 1	0,52	0,04	PU membrána 1	0,52	0,04
vylen	1,51	5,23	PES pletenina Coolmax	1,13	0,69
součet	13,55	9,48	součet	12,43	2,85

Tabulka č. 5 Materiálové složení X a Y

Tabulka č. 5 ukazuje, že materiálové složení X má celkovou odolnost průpichu 13,55 N, ale pro tloušťku rukavice není zcela vhodné dosahovat hodnoty téměř 1cm. Proto se navrhlo řešení, kde se použily co nevyšší výsledné hodnoty sil s menší hodnotou tloušťky. Výsledkem je, **materiálové složení Y**. Výsledky součtu sil dosahují výsledné hodnoty odolnosti 12,43 N při celkové tloušťce vrstev 2,85 mm.

Pokud by se měla navrhnout taková skladba rukavic, která částečně odolává průpichu injekční jehly, musely by se použít materiály s lepšími mechanickými vlastnosti. Tyto měřené materiály by z hlediska odolnosti proti průpichu nevyhovovaly.

Diskuze:

5.5 Vliv počtu vrstev na hodnotu síly průpichu

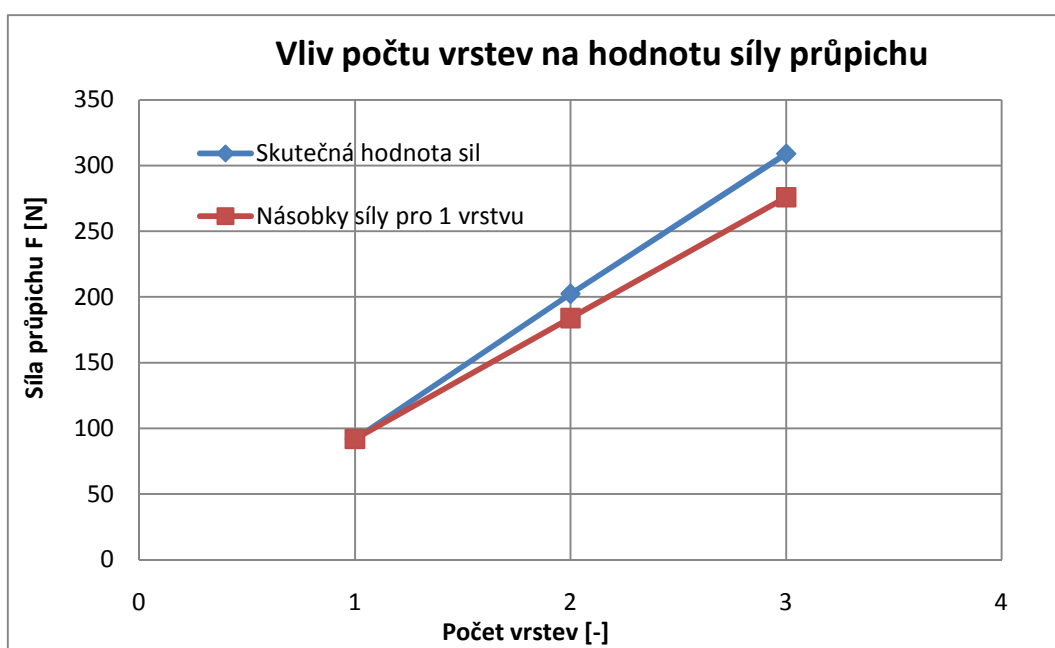
Při tomto měření se zjišťovalo, jaký vliv má počet vrstev na výslednou hodnotu síly průpichu. Tzn., jestli je možné při vrstvení materiálu na sebe výsledky sil jednotlivých materiálů sčítat. Pokud by bylo zjištěno, že by se s přidáním každé další vrstvy výsledná odolnost celého materiálu snižovala, nebylo by možné tyto síly sčítat jako doposud, ale všechny vrstvy materiálu zkoušet společně jako jeden celek.

Ke zkoušce byly použity tři různé druhy materiálu. Tyto materiály byly postupně vrstveny a velikost sil byla měřena v 1, 2 a 3 vrstvách. Zároveň se provedly násobky síly první vrstvy a sledovalo se, jestli budou měřené síly s přidáním každé další vrstvy klesat nebo stoupat.

Materiál 700729:

Počet vrstev [-]	síla F [N]	násobky sil F [N]
1	91,95	91,95
2	202,35	183,9
3	308,91	275,85

Tabulka č. 6 Odolnost materiálu 700729



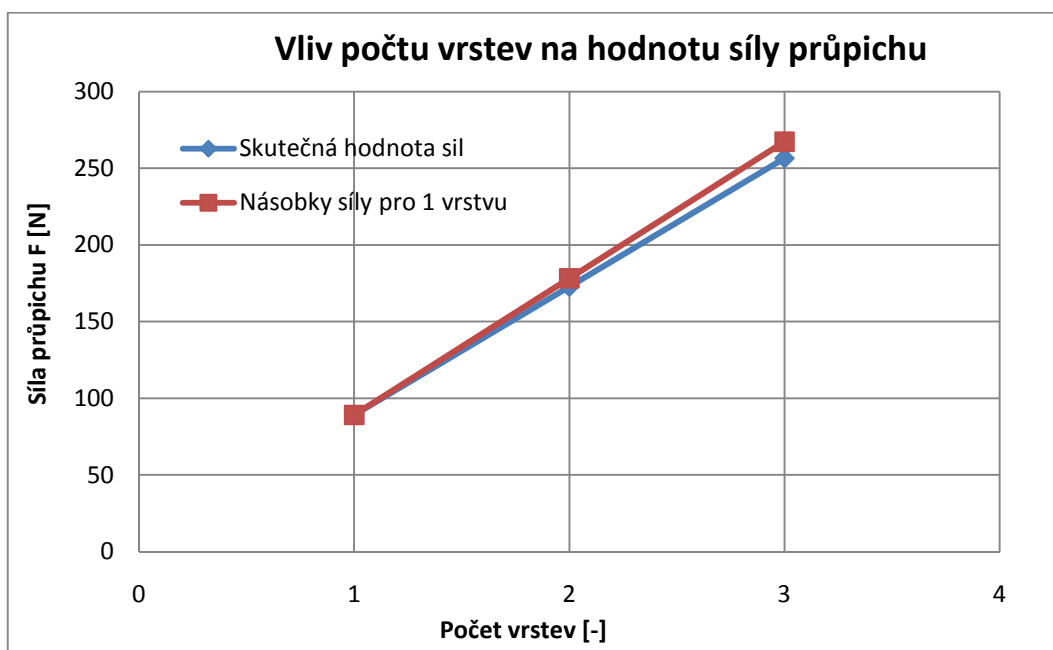
Graf č. 11 Vliv počtu vrstev na hodnotu síly průpichu materiálu 700729

Graf č. 11 znázorňuje odchylku naměřených hodnot od násobků sil. Červená čára značí násobky hodnot 1. vrstvy a modrá čára výsledky odolnosti v každé vrstvě. Z grafu je patrné, že se pevnost s přidáním každé další vrstvy zvyšovala.

Materiál 700573:

Počet vrstev [-]	síla F [N]	násobky sil F [N]
1	89,1	89,1
2	172,79	178,2
3	256,48	267,3

Tabulka č. 7 Odolnost materiálu 700573



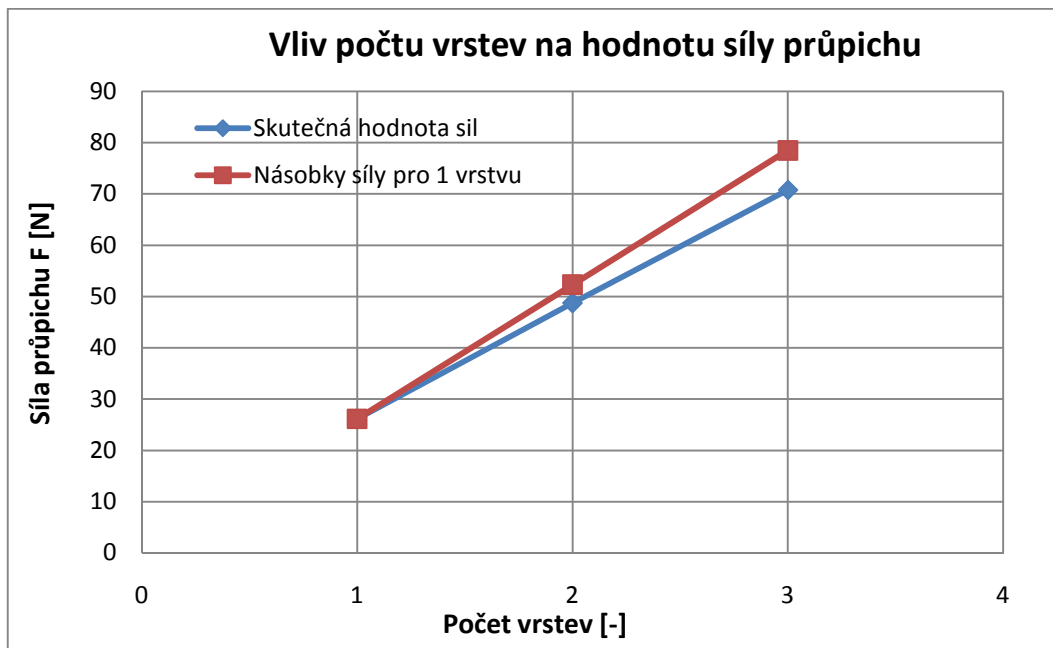
Graf č. 12 Vliv počtu vrstev na hodnotu síly průpichu materiálu 700573

Graf č. 12 znázorňuje, že se modrá čára nachází v těsné blízkosti pod červenou čarou. Tzn., že naměřené hodnoty s menší odchylkou odpovídají násobkům hodnoty síly první. Jedná se o jiný materiál než v případě prvním. Proto je pravděpodobné, že se výsledky budou lišit v závislosti na druhu materiálu.

Materiál 700700:

Počet vrstev [-]	síla F [N]	násobky sil F [N]
1	26,16	26,16
2	48,75	52,32
3	70,78	78,48

Tabulka č. 8 Odolnost materiálu 700700



Graf č. 13 Vliv počtu vrstev na hodnotu síly průpichu materiálu 700700

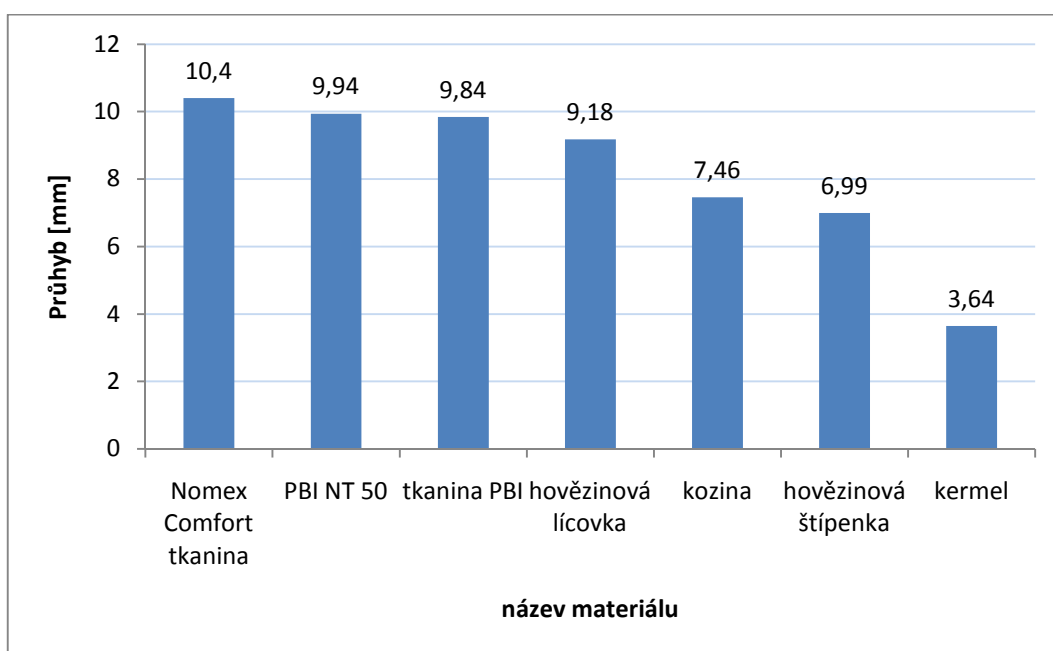
Graf č. 13 ukazuje, že se s přidáním každé další vrstvy pevnost snižovala. Opět je měření prováděno u jiného materiálu než v předchozích případech.

Měření ukázalo, že u každého druhu materiálu se výsledky mohou lišit. Je pravděpodobné, že u jednoho druhu materiálu se může pevnost celé skladby zvyšovat s přidáním každé další vrstvy a u jiného druhu materiálu by mohlo dojít s přidáním každé další vrstvy ke snížení pevnosti celé skladby. Dá se proto předpokládat, že se hodnoty mění v závislosti na druhu použitého materiálu.

Na základě těchto výsledků se proto doporučuje brát v úvahu, že výsledné síly jednotlivých materiálu by neměly být ve finálním vrstvení sčítány a výsledky sil by se měly použít popř. pouze orientačně k porovnání jednotlivých materiálů. Je proto doporučeno testovat odolnost materiálu proti průpichu v celé skladbě materiálů.

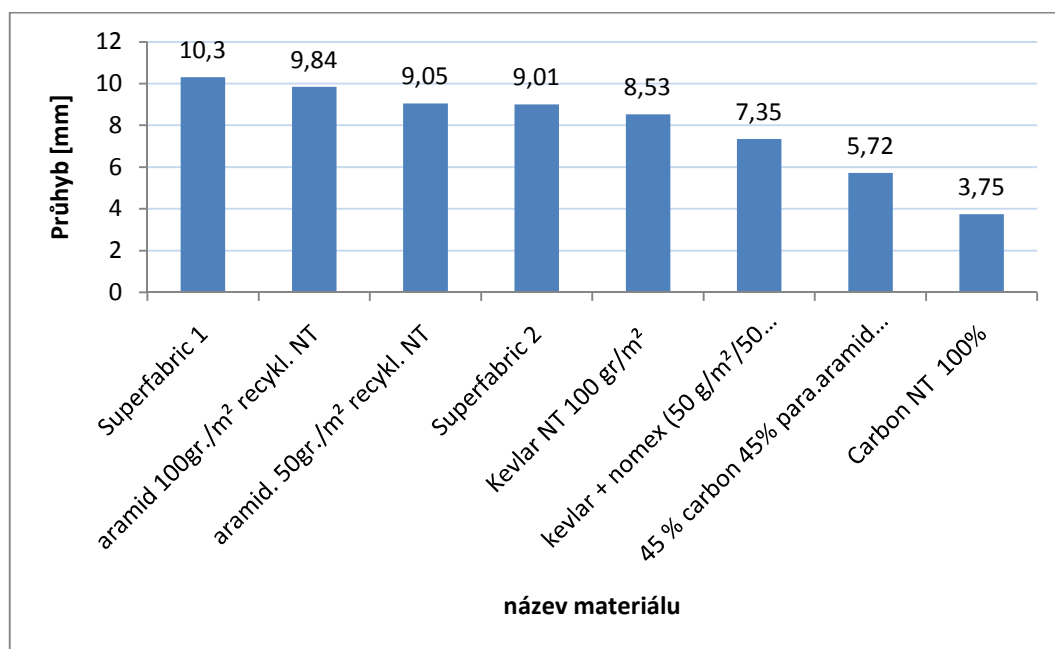
5.6 Měření hodnoty průhybu

V průběhu měření se vyhodnocovala hodnota průhybu materiálu, která byla měřena od prvního momentu, kdy se hrot jehly dotknul materiálu a působil na materiál silou F až do okamžiku propíchnutí jehly materiálem. Výsledkem byla délka průhybu materiálu měřená v ose materiálu. Tato veličina nebyla při návrhu skladby posuzována. Pokud by se měla tato veličina promítnout do výsledku, muselo by být měření průpichu prováděno v tloušťce celého materiálového složení. Měření průhybu bylo v tomto případě prováděno pouze pro každý materiál zvlášť. Dá se předpokládat, že by se s přidáním každé další vrstvy materiálu průhyb celkové skladby snižoval, tudíž by se nemohly jednotlivé výsledky průhybu sčítat. I přesto, že se výsledky nepromítly do výsledného návrhu sendviče rukavic, jsou zde uvedeny výsledky zkoušení průhybu pro každou vrstvu a materiál zvlášť (viz. grafy č. 14-17). Jedná se pouze o výsledky průhybu materiálu při měření ocelovou normovanou jehlou. Pro nevyhovující výsledky pevnosti materiálu při průpichu injekční jehlou se výsledky průhybu v této práci neuvádí.



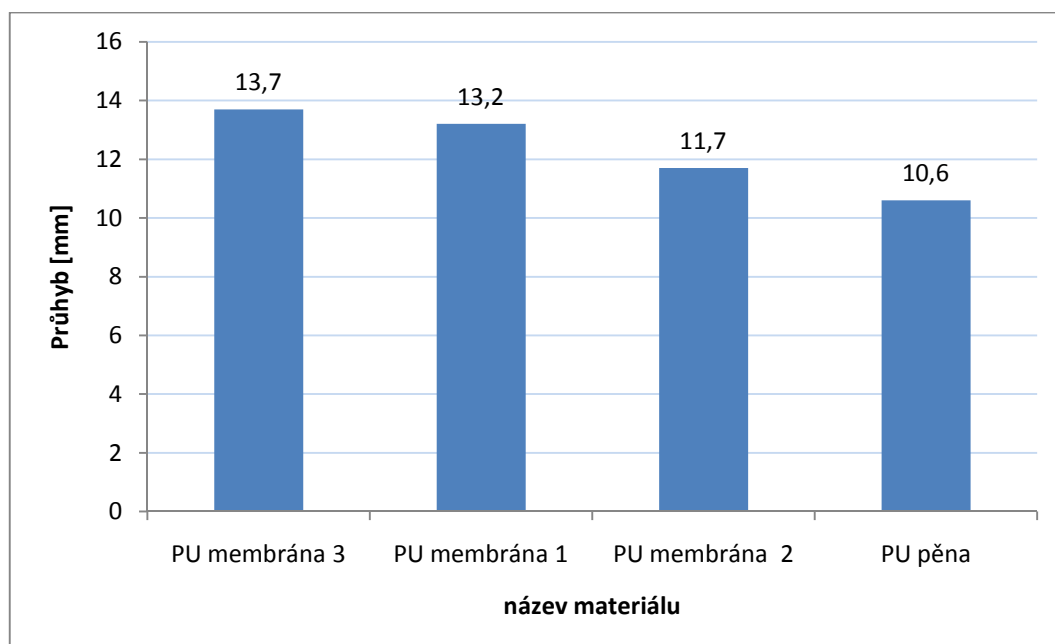
Graf č. 14 Průhyb materiálů v 1. vrstvě - vnější

Graf č. 14 znázorňuje, že při průpichu ocelovou jehlou došlo k největšímu průhybu u materiálu Nomex Comfort tkanina (10,4 mm) a naopak nejmenší velikost průhyb vykazuje materiál Kermel (3,64 mm).



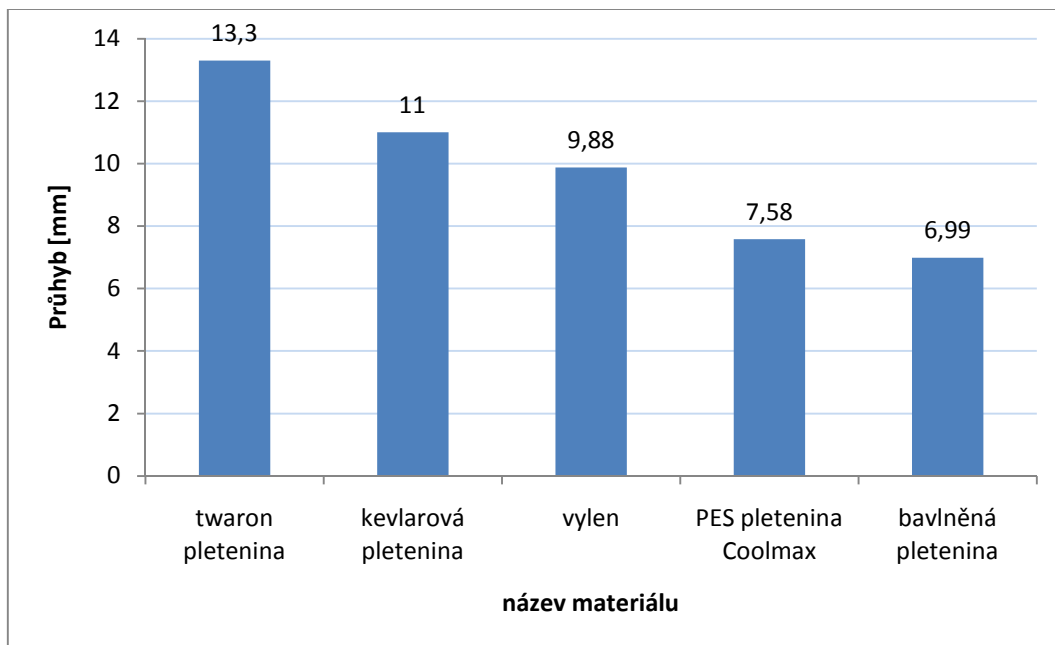
Graf č. 15 Průhyb materiálů ve 2. vrstvě

Ve druhé vrstvě materiálů nejvyšších hodnot v průhybu vykazuje materiál Superfabric 1, který dosahuje hodnoty průhybu 10,3 mm a nejmenšího průhybu vykazuje materiál Carbon NT, jehož průhyb odpovídá délce 3,75 mm.



Graf č. 16 Průhyb materiálů Pu membrán ve 3. vrstvě

Z grafu č. 16 je patrné, jakých velikostí průhybu dosahují materiály ve 3. vrstvě. Největšího průhybu (13,7 mm) dosahuje Pu membrána 3 a nejmešího průhybu (10,6 mm) Pu pěna.



Graf č. 17 Průhyb materiálů ve 4. vrstvě - vnitřní

Velikosti průhybu ve 4. vrstvě znázorňuje graf č. 17. Nejvyšších hodnot průhybu dosahuje pletenina Twaron (13,3 mm) a naopak nejnižších hodnot průhybu v této vrstvě dosahuje bavlněná pletenina (6,99 mm).

6. Závěr

Práce se zabývá zkoušením textilních materiálů proti mechanickému namáhání.

První část této práce je zaměřena na rešerši materiálů, které byly zaslány k otestování a jsou zde popsány základní principy mechanického namáhání.

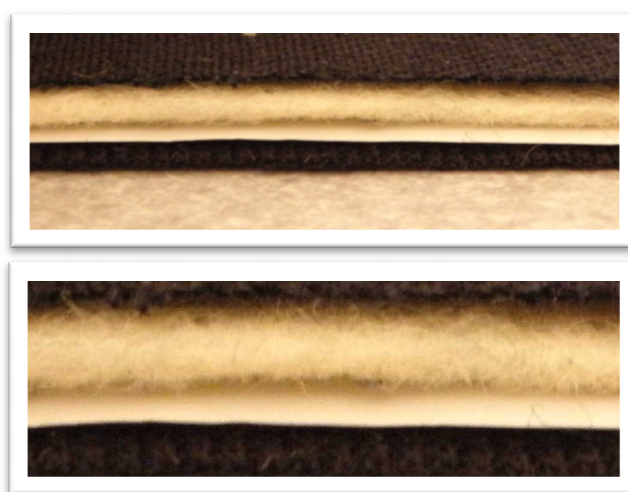
V teoretické části práce je vysvětleno, jaké jsou kladeny požadavky na vrstvení materiálu do sendviče rukavic odolných proti mechanickému namáhání a jaké parametry by měl finální výrobek splňovat. Je zde blíže popsán princip mechanismu průniku jehly textilním materiálem a faktory ovlivňující velikost sil působících při průpichu materiálem.

Cílem této práce bylo experimentálně ověřit odolnost materiálů proti průpichu ocelovou normovanou jehlou a injekční jehlou. V praktické části je nejprve podrobněji popsán postup měření a následně i postup vyhodnocování získaných výsledků. Jednotlivé materiály byly nejprve podrobeny zkoušce odolnosti proti průpichu, přičemž byly výsledky měřeny a posuzovány pro normovanou jehlu a injekční jehlu zvlášť. S ohledem na finální použití byly materiály následně vytříděny do jednotlivých vrstev sendviče rukavic (vycházelo se z předpokladu, že rukavice bude navržena jako čtyřvrstvá) a opět seřazeny podle výsledků odolnosti.

Protože výroba rukavic proti mechanickému riziku podléhá českým a evropským normám, byly dodržovány určité požadavky. Při návrhu vhodného materiálového složení do sendviče rukavic odolného proti propíchnutí ocelové jehly se výsledky porovnávaly s třídou provedení zapsanou v normě ČSN EN 388. Pro výběr vhodné skladby proti mechanickému riziku byla vybrána úroveň provedení 4, která říká, že hodnota všech materiálů musí odolávat síle minimálně 150 N. Protože výsledky zkoušek dosahovaly velmi dobrých (vysokých) hodnot v propichu, bylo zadáno rozpětí 150-160 N. Pro zjednodušení byla vytvořena databáze, která vyhodnocovala výsledky dle zadaných parametrů. Výsledkem bylo 117 skladeb, které splňovaly požadavek. Vzhledem k tomu, že je pro výrobek důležitý také komfort, byly materiály posuzovány i z hlediska tloušťky. Hodnota tloušťky všech čtyř vrstev musela být maximálně 2,5 mm a výběr se tak omezil na pouhých 9 skladeb, které splňovaly podmínky. Pro zachování funkčnosti rukavic bylo vybráno z 9 skladeb to materiálové složení, které dosahuje nejlepších hodnot v odolnosti na vnější straně. Výsledkem bylo materiálové složení C, které znázorňuje tabulka č. 9 a obrázek č. 11 (z větší a kratší vzdálenosti).

<i>materiál.složení C</i>	veličiny - ocelová jehla	
	<i>F [N]</i>	<i>tl.materiálu [mm]</i>
Nomex Comfort tkanina	75,23	0,41
Kevlar NT 100 gr/m ²	54,81	1,25
PU membrána 1 tl.0,04mm	6,45	0,04
PES pletenina Coolmax	21	0,69
součet	157,5	2,39

Tabulka č. 9 Materiálové složení C

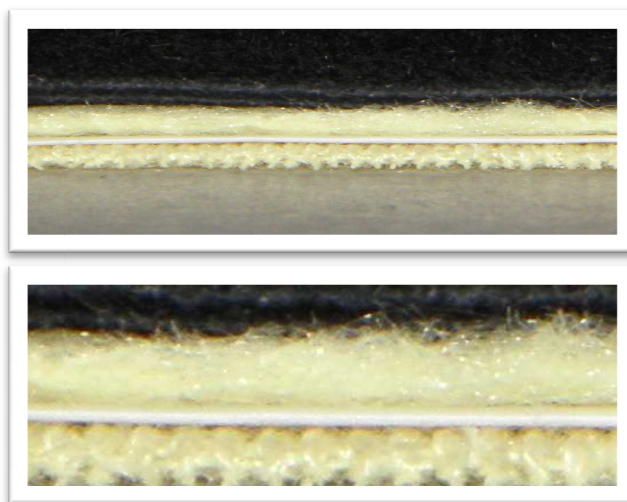


Obrázek č. 11 Materiálové složení C

Na závěr bylo navrženo složení, které nejvíce odolává propíchnutí jehly v závislosti na tloušťce a vlastnostech jednotlivých materiálů. Výsledkem bylo materiálové složení Z, které znázorňuje tabulka č. 4 a obrázek č. 12.

<i>materiálové složení Z:</i>	veličiny - ocelová jehla	
	<i>F [N]</i>	<i>tl.materiálu [mm]</i>
hovězinová štípenka	122,69	1,19
Kevlar NT 100 gr/m ²	54,81	1,25
PU membrána 2 tl.0,06mm	6,45	0,06
twaron pletenina	104,38	0,9
součet	288,33	3,4

Tabulka č. 4 Materiálové složení Z



Obrázek č. 12 Materiálové složení Z

Je patrné, že materiály nejen, že odolávají síle až do 288,33 N, ale zároveň jsou vhodné i z hlediska vlastností potřebných pro výrobu ochranných rukavic.

Pokud se jedná o měření injekční jehlou, bylo zjištěno, že výsledky zdaleka nedosahují hodnot odolnosti, kterých bylo docíleno u normované jehly. Injekční jehla, která má hrot špičatější a tenčí poměrně o dost lépe procházela materiálem. Výsledky ukazují, že nejodolnější se ukázala být hovězinová štípenka, která odolávala velikosti síly v průměru 10,19 N. Ostatní materiály odolávaly daleko nižším hodnotám. Bylo proto zřejmé, že v odolnosti proti průpichu injekční jehly se nedosáhlo dostatečných hodnot, a tak se výsledky již dále nevyhodnocovaly.

Vzhledem k tomu, že veškeré hodnoty průpichu jednotlivých materiálů byly sčítány, bylo potřeba ověřit, jaký vliv má vrstvení materiálu na hodnotu výsledné síly průpichu. Měření se provádělo na třech odlišných materiálech a měřila se průměrná síla s přidáním každé další vrstvy. Tyto výsledky byly následně porovnány s násobky sil první vrstvy a sledovala se odchylka od tohoto násobku. Měřením bylo zjištěno, že výsledky se mění v závislosti na druhu textilie. Aby byly výsledky zcela přesné, je doporučeno měření provádět také v celé skladbě vybraných materiálů.

Obecně jsem dospěla k názoru, že většina materiálů, které byly poskytnuty k měření, dosahovala velmi dobrých výsledků v mechanické odolnosti proti propíchnutí ocelové jehly. Z hlediska použití pro výrobu ochranných rukavic zcela splňovaly i další požadavky, které jsou pro tento finální výrobek důležité. Pokud by bylo potřeba do budoucna pevnost výrobku zvyšovat, na základě výsledků bych se zaměřila na odolnost 2. vrstvy. U této vrstvy existují určité rezervy, co se týká mechanické odolnosti rukavic. Z mého pohledu je možné se právě totuto problematikou zabývat v rámci dalšího výzkumu.

7. Seznam použitých zdrojů

- [1] Červa export import, Rukavice, [cit. 2010-09-12]
Dostupný z WWW: <http://www.cerva.cz/produkty/novinky-20092010/rukavice-1.htm>
- [2] Česká norma, ČSN EN ISO 388 (832350): Ochranné rukavice proti mechanickým rizikům. Vydána: 2004.
- [3] Dvořák, O., Štefková, E.: Ochranné oděvy pro hasiče: vlastnosti, zkoušení, praktické používání a certifikace. Příloha časopisu 150-Hoři, Praha, květen 2002.
- [4] Haviar Š., Pařilová H., Kubát L.: Textilní zbožíznalství, 1. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2002. ISBN 80-7083-565-6
- [5] Holík International s.r.o. [online], [cit. 2010-09-12]
Dostupný z WWW: <<http://www.holik-international.cz/>>
- [6] JIRSÁK O, KALINOVÁ K.: Netkané textilie, 1. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2003. ISBN 80-7083-746-2
- [6] Militký J.: Přednášky, Textilní vlákna, Speciální vlákna, 2. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2007, ISBN 978-80-7372-169-5
(<https://skripta.ft.tul.cz/databaze/data/2004-12-16/09-16-46.ppt>)
- [8] PÍCHA Safety, Ochranné pracovní prostředky [cit. 2010-09-12]
Dostupný z WWW: <http://www.oopp.cz/gallery_produkty/dokumentace/01-X.pdf>.
- [9] Václav Krupička - Raptor expanded plastic, Materiál Vylen [cit. 2010-09-12]
Dostupný z WWW: http://www.vylen.cz/material_vylen
- [10] *Vlastnosti vláken* [online]. [cit. 2010-08-11]. Dostupné z :
<<http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/20060106/VlastnostiVlaken-prednaska4.pdf>>
- [11] Wikipedie: otevřená encyklopedie: uhlíkové vlákno [cit. 1.08.2010]
Dostupné z WWW:
http://cs.wikipedia.org/wiki/Uhl%C3%ADkov%C3%A9_vl%C3%A1kno

SEZNAM OBRÁZKŮ:

Obrázek č. 1 Rukavice odolná proti průpichu ocelové jehly

Obrázek č. 2 Schéma štěpení vlákna Kevlar a Nomex

Obrázek č. 3 Schéma uhlíkového vlákna

Obrázek č. 4 Schéma průřezu vlákna CoolMax

Obrázek č. 5 Schéma čtyřvrstvé rukavice

Obrázek č. 6 Schéma působení sil při průpichu jehly materiálem

Obrázek č. 7 Ocelová jehla

Obrázek č. 8 Injekční jehla

Obrázek č. 9 Upínací přípravek

Obrázek č. 10 Materiálové složení A

Obrázek č. 11 Materiálové složení C a E

Obrázek č. 12 Materiálové složení Z

SEZNAM TABULEK:

Tabulka č. 1 Třídy provedení

Tabulka č. 2 Materiálové složení A-I

Tabulka č. 3 Materiálové složení A, C a E

Tabulka č. 4 Materiálové složení Z

Tabulka č. 5 Materiálové složení X a Y

Tabulka č. 6 Odolnost materiálu 700729

Tabulka č. 7 Odolnost materiálu 700573

Tabulka č. 8 Odolnost materiálu 700700

Tabulka č. 9 Materiálové složení C

SEZNAM GRAFŮ:

Graf č. 1 Výsledná odolnost jednotlivých materiálů

Graf č. 2 Odolnost materiálů proti průpichu normované jehly v 1. vrstvě – vnější

Graf č. 3 Odolnost materiálů proti průpichu normované jehly ve 2. vrstvě

Graf č. 4 Odolnost materiálů proti průpichu normované jehly ve 3. vrstvě

Graf č. 5 Odolnost materiálů proti průpichu normované jehly ve 4. vrstvě – vnitřní

Graf č. 6 Výsledné tloušťky jednotlivých materiálů ve vrstvách

Graf č. 7 Odolnost materiálů proti průpichu injekční jehly v 1. vrstvě – vnější

- Graf č. 8** Odolnost materiálů proti průpichu injekční jehly ve 2. vrstvě
- Graf č. 9** Odolnost materiálů proti průpichu injekční jehly ve 3. vrstvě
- Graf č. 10** Odolnost materiálů proti průpichu injekční jehly ve 4. vrstvě – vnější
- Graf č. 11** Vliv počtu vrstev na hodnotu síly průpichu materiálu 700729
- Graf č. 12** Vliv počtu vrstev na hodnotu síly průpichu materiálu 700573
- Graf č. 13** Vliv počtu vrstev na hodnotu síly průpichu materiálu 700700
- Graf č. 14** Průhyb materiálů v 1. vrstvě - vnější
- Graf č. 15** Průhyb materiálů ve 2. vrstvě
- Graf č. 16** Průhyb materiálů Pu membrán ve 3. vrstvě
- Graf č. 17** Průhyb materiálů ve 4. vrstvě - vnitřní